430.5/
5351/v.40

18627

ISSN 0376—477X

中華農業研究

第四十卷 第一期

目 次

水稻花藥培養後代雜種集團稻穀產量與產量構
成因素之比較 ……曾東海 陳治官 黃真生 蔡新聲…1
山葵臺農1號之育成 ……胡敏夫 邱善美 羅朝村 劉新裕 杜金池…13
三島柴胡臺農1號之適應能力及其有效利用部
位之開發研究……劉新裕 王昭月 李肇昌 李春越…28
鳳梨臺農四號外銷果實採收成熟度之研究……張清勤…37
玉米莖腐病抗病品種之篩選……蔡武雄 段中漢 杜金池…45
不同光週期對外米綴蛾羽毛率及產卵量之影響……余志儒 陳健忠…52
本省中南部沖積土不同形態鐵在剖面中之分佈
及其對土壤磷吸著之影響……譚增偉…57
電子相對濕度計之性能評估……陳加忠 賴建洲 曹之祖…71
農試型落花生聯合收穫機之改良(3)……梁連勝 蔡致榮 顏秀榮 周廷弘…90
蘆筍花藥培養之全雄育種
Ⅰ.品種及單株間花藥培養效率之研究 ……賴本智 許家言 葉常青 蔡新聲…94
Ⅱ.花藥來源單倍體植株染色體之倍加 ……許家言 賴本智 葉常青 蔡新聲…102

中華民國八十年三月
臺灣省農業試驗所出版
中華民國 臺灣省 臺中縣 霧峰鄉

中華農業研究（Jour. Agri. Res. China）40(1)：1～12（1991）

水稻花藥培養後代雜種集團稻穀產量與產量構成因素之比較[1]

曾東海　陳治官　黃真生　蔡新聲[2]

摘要：本試驗以稉稻雜交 F_1 植株花藥培養所獲得之五個品系爲親本，進行爲數共十個組合之半互交，於民國76年第一期作及77年第一、二期作以其 F_1、F_2、及F_3 植株與親本爲材料，並以臺農67號品種爲對照，於田間栽培試驗，採用逢機完全區集設計，重複三次，探討經花藥培養所得同質雙單元體之稻穀產量及其構成因素表現。試驗結果顯示，各品種間稻穀產量在第一期作之差異顯著，第二期則差異不顯著，第一期作之年度間差異亦不顯著；第一、二期作間稻穀產量之差異達顯著水準，但品種間於第一、二期作的表現並不一致。雜種優勢因組合而有正負頗大之差異，且各世代之表現不同，F_1 及 F_2 各組合平均產量相似，且皆優於 F_3 。特殊組合力以臺農育10077／臺農育12355及臺農育10077／臺農育12357組合較高，F_1 及 F_2 之一般組合力以臺農育10077較佳，F_3 之一般組合力則以臺農育12363較佳，自交衰退率因組合而異，一般而言以 F_2 較小，F_3 較大。產量與穗數在第一、二期作皆呈極顯著正相關，產量與稔實率、千粒重只在第二期作呈現顯著或極顯著正相關；稔實率與千粒重爲顯著或極顯著正相關，穗數與穎花數呈負相關，穎花數與稔實率及千粒重爲負相關。產量構成因素對產量之影響以穗數最大，其餘依次爲穎花數、千粒重及稔實率。

關鍵詞：花藥培養，產量，組合力，雜種優勢。

組織培養技術在最近幾年，已被實際的應用於育種工作上，其中經由花藥培養獲得單倍體植物的育種，是最受育種家所熱衷的方法之一(8)，水稻花藥培養係利用花粉母細胞經減數分裂後的小孢子體，培養於培養基上，誘導形成癒合組織，再經分化培養基引發植株之分化，所得之植株的單倍體、雙倍體及多倍體，雙倍體植株爲小孢子體於癒合組織形成階段，自然倍加而成，可供直接利用。單倍體植株需用秋水仙鹼（Colchicine）等化學誘變劑，誘導倍加成爲雙倍體，再予利用。不論自然倍加或人爲倍加所得之植株，皆爲雙單元體（di－haploidy），具有純質基因型，因此應用花藥培養於水稻育種，可縮短育種年限，節省人力及物力。

自1968年 Niizeki and Oono 首先利用水稻花藥培養誘得單倍體植株後，經許多組織培養專家不斷地研究改進培養推行，已顯著提高了水稻花藥培養的育種效率，以花藥培養育成的水稻新品種爲數不少(9,10,11)，但受當地農民廣泛採用的品種卻幾乎等於零，其原因實有加以探討之必要。

本所於民國63年正式開始水稻花藥培養之試驗研究，係由組織培養室負責花養培養之技術開發及執行，稻作研究室負責提供培養材料及培養後代之選育工作，10餘年來，雖育成不少品系，參加各級產量比較試驗，唯迄，未獲得表現突出之品系，致未能命名推廣，根據試驗資料顯示，花藥培養育成品系與系譜法育成品系，在第一期有相似的產量表現，但於第二期作花藥培養品系卻顯著的低產，顯示其對不良環境較易受影響(6,14)。

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1546 號。本試驗承農業委員會補助經費，謹致謝意。
2. 分別爲臺灣省農業試驗所農藝系助理研究員、助理研究員、前研究員及研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

花藥培養品系在質的性狀，例如稻熱病、褐飛蝨之抗病抗蟲之選育上獲得良好的效果，而在稻穀產量等有關量的性狀方面，選育效果較差，可能係花藥培養品系皆屬於同質基因型，選拔累積優良基因型之機會少，爲探討此一可能性，本研究室以花藥培養品系進行互交，以其雜種F_1、F_2、及F_3 集團連同其親本，並以臺農67號爲對照，探討其稻穀產量及相關農藝性狀的表現，以了解同質基因型對產量等之影響，供爲爾後育種工作之參考。

材料與方法

粳稻臺農67／臺農育69等雜交 F_1 植株行花藥培養所獲得之品系：臺農育10077號、臺農育12355號、臺農育12357號、臺農育12363號、臺農育12382號等五品系（表1），進行5×5半互交，以其 F_1、F_2、F_3 之雜種集團及親本爲供試材料，並以臺農67號爲對照品種。

表1. 試驗用親本之親緣

Table 1. The parentage of parents for experiment materials

Varieties	Parentage	Note
TNGY 10077	TNG 67 ／ TNGY 69	Breeding by anther culture
TNGY 12355	TNG 67 ／ TNGY 6043 ／／ TNGY 148	Breeding by anther culture
TNGY 12357	TNG 67 ／ TNGY 6043 ／／ TNGY 148	Breeding by anther culture
TNGY 12363	TNG 67 ／ TNGY 69 ／／ TNGY 148	Breeding by anther culture
TNGY 12382	TNG 67 ／ TNGY 69 ／／ TNGY 148	Breeding by anther culture
TNG 67	TCT 138 ／ TNG 61 ／／ TNG 61	

TNGY: Tainung Yu 臺農育
TNG: Tainung 臺農
TCT: Taichung Test 臺中試

採用逢機完全區集設計，重複三次，行株距爲28×16cm，四行區，行長3.2m 每小區移植80欉，每穴種植3～4支苗，田間管理按一般高級產量試驗管理之。

調查項目及方法：當各小區有一半之稻欉開始抽穗爲抽穗期，於成熟期每小區各調查10欉之株高、穗數，收穫時每小區逢機取二欉，於室內調查穗長、一穗穎花數、稔實率、千粒重、收穫指數，而後分區收穫，調查淨穀產量。

本試驗之準備工作自民國75年第一期作開始，首先以臺農育10077號等五個花藥培養品系以傳統之人工雜交之方法進行半互交，第二期作起除再進行半互交，以得到足量的雜種 F_1 種子外，並以單本植種植10組合之雜種 F_1 各30株收穫其雜種 F_2 種子，供下期作試驗之需。 F_3 之種源爲前期作 F_2 試區所收穫之稻穀逢機取得。

民國76年第一期作計有該10組合之F_1、F_2 集團及其親本，並以臺農67號爲對照，共26個處理於2月17日挿秧，第二期作因秧苗生育不佳而放棄，民國77年第一、二期作則以F_1、F_2、F_3 集團各10組合及其親本，臺農67號爲對照，共36個處理，分別於民國77年2月24日及7月29日挿秧進行試驗。

結　果

一、單位面積稻穀產量：

本試驗於76年第一期作及77年第一、二期作，共進行三期作，各期作之參試處理稻穀平均產量列於表2，其變方分析如表3，各期作之試驗結果分述如下：

表2. 參試各組合（品種）每公頃平均稻穀產量（kg／ha）

Table 2. Mean grain yields of hybrid progenies and parental varieties (kg／ha)

Variety (Cross)	Gen－era－tion	Crops					
		1987 First	1988 First	1988 Second	1st crop Mean	1988 Mean	Total Mean
TNGY10077 ／ TNGY12355	F_1	7,450.0	7,942.7	5,592.6	7,696.4	6,767.7	6,995.1
TNGY10077 ／ TNGY12357	F_1	7,701.3	7,880.7	5,765.4	7,791.0	6,823.1	7,115.8
TnGY10077 ／ TNGY12363	F_1	7,160.0	7,366.1	5,654.3	7,263.0	6,510.2	6,726.8
TNGY10077 ／ TNGY12382	F_1	7,150.3	7,775.3	5,506.2	7,462.8	6,640.7	6,810.6
TNGY12355 ／ TNGY12357	F_1	6,754.3	6,845.2	5,679.0	6,799.8	6,262.1	6,426.2
TNGY12355 ／ TNGY12363	F_1	6,387.3	7,180.1	5,448.5	6,783.7	6,314.3	6,338.6
TNGY12355 ／ TNGY12382	F_1	7,102.0	6,578.6	5,604.9	6,840.3	6,091.8	6,428.5
TNGY12357 ／ TNGY12363	F_1	6,657.7	7,490.1	5,102.0	7,073.9	6,296.0	6,416.6
TNGY12357 ／ TNGY12382	F_1	6,996.0	7,087.1	5,259.3	7,041.5	6,173.2	6,447.4
TNGY12363 ／ TNGY12382	F_1	6,957.0	6,814.2	5,703.7	6,885.6	6,259.0	6,491.6
Mean of F_1		7,031.6	7,296.0	5,531.6	7,163.8	6,413.8	6,619.7
TNGY10077 ／ TNGY12355	F_2	7,885.0	7,545.9	5,765.4	7,715.4	6,655.7	7,065.4
TNGY10077 ／ TNGY12357	F_2	7,595.0	7,868.3	5,407.4	7,731.7	6,637.9	6,956.9
TNGY10077 ／ TNGY12363	F_2	7,298.0	7,620.3	5,123.5	7,459.1	6,371.9	6,680.6
TNGY10077 ／ TNGY12382	F_2	7,092.7	7,353.7	5,567.9	7,223.2	6,460.8	6,671.4
TNGY12355 ／ TNGY12357	F_2	6,705.7	6,882.4	5,611.4	6,794.1	6,246.9	6,399.8
TNGY12355 ／ TNGY12363	F_2	7,150.3	6,888.6	5,503.2	7,019.5	6,195.9	6,514.1
TNGY12355 ／ TNGY12382	F_2	7,044.0	6,870.0	5,308.6	6,957.0	6,089.3	6,407.6
TNGY12357 ／ TNGY12363	F_2	6,995.7	7,229.7	5,673.2	7,112.7	6,451.4	6,632.8
TNGY12357 ／ TNGY12382	F_2	7,189.0	6,981.6	5,753.1	7,085.3	6,367.4	6,641.2
TNGY12363 ／ TNGY12382	F_2	6,860.3	6,733.6	5,549.3	6,797.0	6,141.5	6,381.1
Mean of F_2		7,181.6	7,197.4	5,526.3	7,189.5	6,361.9	6,635.1
TNGY10077 ／ TNGY12355	F_3		6,938.2	5,005.9	6,938.2	5,972.1	5,972.1
TNGY10077 ／ TNGY12357	F_3		6,770.8	5,259.3	6,770.8	6,015.0	6,015.0
TNGY10077 ／ TNGY12363	F_3		6,808.0	5,185.2	6,808.0	5,996.6	5,996.6
TNGY10077 ／ TNGY12382	F_3		6,987.8	5,365.8	6,987.8	6,176.8	6,176.8
TNGY12355 ／ TNGY12357	F_3		6,640.6	5,461.6	6,640.6	6,051.1	6,051.1
TNGY12355 ／ TNGY12363	F_3		7,000.2	5,555.6	7,000.2	6,227.9	6,277.9
TNGY12355 ／ TNGY12382	F_3		6,541.4	6,012.3	6,541.4	6,276.9	6,276.9
TNGY12357 ／ TNGY12363	F_3		7,062.3	5,745.8	7,062.3	6,404.0	6,404.0
TNGY12357 ／ TNGY12382	F_3		6,907.2	5,432.1	6,907.2	6,169.7	6,169.7
TNGY12363 ／ TNGY12382	F_3		7,378.5	5,629.6	7,378.5	6,504.1	6,504.1
Mean of F_3			6,903.5	5,465.3	6,903.5	6,184.4	6,184.4
TNGY10077		7,550.0	6,882.4	5,306.9	7,216.2	6,094.7	6,579.8
TNGY12355		6,329.3	6,659.2	5,617.3	6,494.3	6,138.3	6,201.9
TNGY12357		6,860.3	7,068.5	5,370.4	6,964.4	6,219.4	6,433.1
TNGY12363		7,082.7	6,646.8	5,703.7	6,864.7	6,175.3	6,477.7
TNGY12382		7,488.7	7,099.5	5,647.6	7,294.1	6,373.5	6,745.2
Mean of Parents		7,062.2	6,871.3	5,529.2	6,966.7	6,200.2	6,487.5
TNG67		7,517.7	7,111.9	5,601.4	7,314.8	6,356.6	6,743.6
Mean of Treatment		7,088.2	7,095.5	5,513.3	7,066.2	6,304.4	6,482.0
LSD	0.05	551.6	777.7	573.2	688.7	674.2	
	0.01	735.7	1,032.8	761.2	912.2	891.2	

表3. 單期作稻穀產量之變方分析

Table 3. Analysis of variance for grain yield of single crop

Source of Variation	Frist crop of 1987		Frist crop of 1988		Second crop of 1988	
	D. F.	MS	D. F.	MS	D. F.	MS
Block	2	275040	2	141661	2	26827
Treatment	25	438916**	35	444514**	35	144101
CK vs others	(1)	508782*	(1)	812	(1)	23906
Generations	(2)	180560	(3)	1125363**	(3)	28997
Among P	(4)	748564**	(4)	139954	(4)	95250
Among F1	(9)	432729**	(9)	679625**	(9)	132217
Among F2	(9)	357131**	(9)	446413	(9)	121393
Among F3	…	…	(9)	165216	(9)	252128*
Error	50	113210	70	228188	70	123940

*, **Significant at 5% and 1% level, respectively.

民國76年第一期作計有F_1、F_2 各10個組合、五個親本及臺67號（CK）計26個處理參試，試驗結果，品種間稻穀產量差異極顯著（表3），以臺農育10077／臺農育12355之F_2集團最高，每公頃達7,885公斤，其次爲臺農育10077／臺農育12357之 F_1 及 F_2，其產量分別爲7,701及7,595 kg／ha，產量最低的是親本臺農育12355，每公頃只有6,329公斤，本期作最高產量之三個雜種 F_1 或 F_2 組合之產量，雖超過對照品種臺農67號，唯差異不顯著。就本期作之結果進行處理均方不完全劃分之結果，臺農67號的稻穀產量顯著優於五個花藥培養品系及其半互交之 F_1、F_2 集團的綜合表現。五個親本的稻穀產量不一且差異極顯著，其雜交組合在 F_1 或F_2 世代的集團產量亦有極顯著的差異，但 F_1 與 F_2 世代各組合平均產量的差異不大，同時亦與親本的平均產量近似。

民國77第一期作有 F_1、F_2 及 F_3 各10組合，五個親本爲材料，臺農67號爲對照，共計36個處理，試驗結果，品種間稻穀產量差異極顯著（表3），以臺農育10077／臺農育12355之 F_1 的稻穀產量最高，每公頃之稻穀產量爲7,943公斤，其次爲臺農育10077／臺農育12357之 F_1 及 F_2 ，其產量分別爲7,881及7,868 kg／ha，唯與對照品種臺農67號（7,112kg／ha）之差異皆不顯著。稻穀產量最低的是臺農育12355／臺農育12382之 F_2 及 F_1 ，其每公頃平均稻穀產量分別爲6,541及6,579公斤。唯亦與臺農67號之差異不顯著。

本期作資料經處理均方不完全劃分之變方分析結果，臺農67號之稻穀產量與花藥培養品系及其F_1、F_2 與 F_3 集團的綜合表現差異不顯著，五個親本平均產量與其 F_1 、 F_2 及 F_3 世代各組合平均產量間差異極顯著，以 F_1 之平均產量7,296kg／ha 最高，其次爲 F_2 (7,197kg／ha），而親本之平均產量最低（6,871kg／ha）。親本間及 F_2 、 F_3 世代之各組合間之產量不顯著，而 F_1 世代之各組合間的稻穀產量差異極顯著。

民國77年第二期作之參試材料與77年第一期作相同，本期作試驗結果，品種間稻穀產量差異不顯著（表３），最高產及最低產的處理，皆出現在 F_3 雜種組合，分別爲臺農育12355／臺農育12382（6,012kg／ha）及臺農育10077／臺農育12355（5,006kg／ha）。

由處理均方不完全劃分之變方分析結果，對照品種臺農67號之稻穀產量與其他處理（雜交親本及其雜種 F_1、F_2 與 F_3 集團）之表現相似，親本與 F_1、F_2 及 F_3 世代間之平均產量亦無顯著差異，親本間及 F_1、F_2 世代之各組合間之差異亦不顯著，而 F_3 世代之各組合間的稻穀產量差異顯著。

爲了解不同年度對稻穀產量之影響，以76年及77年第一期作之 F_1、F_2 雜種及其親本與對照品種之稻穀產量進行合併分析結果(表4)，各品種間之差異極顯著，而年度及年度與品種之交感不顯著。顯示各品種在76年及77年第一期作之表現相似而品種間的兩年平均產量差異極顯著，較高產的分別是臺農育10077／臺農育12357組合之 F_1 及 F_2 雜種(7,791及7,732kg／ha)，臺農育10077／臺農育12355

組合之 F_1 及 F_2 雜種(7,696及7,715kg／ha)，其產量雖比臺農67號高，唯差異仍未達顯著水準，而第一期作之二年平均產量，以親本臺農育12355最低，每公頃爲6,494公斤，顯著低於臺農67號。

爲了解不同期作對稻穀產量之影響，以77年第一、二期作各處理之稻穀產量合併分析結果（表4），品種間之差異顯著，而期作間及品種與期作的交感效應達極顯著，顯示期作對稻穀產量之影響頗鉅，且處理間受期作的影響不一致。兩期作之稻穀平均產量，在處理間，以臺農育10077／臺農育12357之 F_1 最高（6,823kg／ha），其次爲臺農育10077／臺農育12355之 F_1 及 F_2，分別爲6,768及6,656kg／ha，而最低產的是臺農育10077／臺農育12355之 F_3，每公頃只有5,972公斤。所有參試處理之第一期作平均產量爲7,097kg／ha，顯著地優於第二期作的 5,513kg／ha。

表4. 兩期作稻穀產量之變方分析

Table 4. Analysis of variance for grain yield of two crop

Source of Variation	D. F.	MS	F
Frist crop of 1987 and 1988			
Block	2	50383	0.2782
Variety	25	702408	3.8781**
Year	1	119686	0.6608
V X Y	25	238177	1.3150
Error	102	181122	
Frist and second crop of 1988			
Block	2	143279	0.8237
Variety	35	278423	1.6007*
Year	1	135169245	777.1051**
V X Y	35	310193	1.7833**
Error	142	173939	

*, ** Significant at 5% and 1% level, respectively.

二、雜交組合稻穀產量之特殊組合力

根據上述單期作雜種集團與親本及臺農67號之稻穀產量變方分析結果（表3）得知，76年與77年第一期作處理間差異均顯著，而77年第二期作差異不顯著，故進而分別以雜種 F_1、F_2、F_3 與其高產親本、中間親、低產親本及臺農67號之間作一相對比較，以了解各世代雜種稻穀之特殊組合力情形，其結果分述如下：

(一) F_1 世代

從表5之比較結果得悉，76年第一期作、77年第一、二期作分別有4、6、6組合之稻穀產量超越二親本之平均產量，表現雜種優勢（heterosis），而其中分別有1、6、2組合之稻穀產量超越高產親本，表現純雜種優勢（heterobeltiosis），但亦各有3、1、4組合之產量低於低產親本，表現雜種劣勢。與臺農67號比較時，76年第一期作只有臺農育10077／臺農育12357組合較高產，77年第一期作則有臺農育10077／臺農育12355等6組合的產量超過臺農67號，77年第二期作有臺農育10077／臺農育12357等5組合較臺農67號高產。臺農育10077／臺農育12357的雜種 F_1 在三個期作均有高產的表現，且皆顯示雜種優勢（heterosis）及純雜種優勢（heterobeltiosis），是10組合中表現最優者，其次則爲臺農育10077／臺農育12355，雜種優勢在77年第一期作的表現較其他兩期作高。

(二) F_2 世代：

從表5之比較結果得悉，76年第一期作、77年第一、二期作分別有7、7、6組合之稻穀產量超越二親本之平均產量，表現雜種優勢（heterosis），而其中分別有3、6、3組合之稻穀產量超越高產親本，表現純雜種優勢（heterobeltiosis），但亦各有2、1、4組合之產量低於低產

親本，表現雜種劣勢。與臺農67號比較時，76年第一期作只與臺農67號比較時，76年第一期作有2組合，77年第一期作5組合，77年第二期作有4組合之產量超過臺農67號。一般而言， F_2 之產量不及 F_1 ，唯有例外者。雜種 F_2 組合中表現最優的是臺農育10077／臺農育12355，其次是臺農育10077／臺農育12357。 F_2 的雜種優勢在77年第一期作表現較其他兩期作高。

㈢ F_3 世代：

F_3 世代與兩親本比較時（表5）在77年第一期作有5組合超過二親平均值，其中有3組合的稻穀產量超過其高產親本，但亦有4組合低於其低產親本。77年第二期作只有2組合超過其二親平均值及高產親本，另外5組合低產親本。與臺農67號比較時，第一期作只有臺農育12363／臺農育12382組合之產量超過臺農67號，第二期作則有臺農育12355／臺農育12382、臺農育12357／臺農育12363、臺農育12363／臺農育12382三組合超過臺農67號，其餘皆較低產。表現較好的是臺農育12357／臺農育12363及臺農育12363／臺農育12382，與 F_1 及 F_2 世代之表現不同。

表5. 花藥培養品系F1、F2、F3雜種稻穀產量與其親本及臺農67號之比較（%）

Table 5. Comparison (%) of grain yields between F1、F2、F3 and parental varieties

Cross	Mean yield percentage of											
	Higher parent			Mid−parent			Lower parent			Tainung 67		
	76 I	77 I	77 II	76 I	77 I	77 II	76 I	77 I	77 II	76 I	77 I	77 II
F_1 Generation												
TNGY10077 / TNGY12355	98.7	115.4	99.6	107.4	117.3	102.4	117.7	119.3	105.4	99.1	111.7	99.8
TNGY10077 / TNGY12357	102.0	111.5	107.4	106.9	113.0	108.0	112.3	114.5	108.6	102.4	110.8	102.9
TNGY10077 / TNGY12363	94.8	107.0	99.1	97.9	108.9	102.7	101.1	110.8	106.5	95.2	103.6	100.9
TNGY10077 / TNGY12382	94.7	109.5	97.5	95.1	111.2	100.5	95.5	113.0	103.8	95.1	109.3	98.3
TNGY12355 / TNGY12357	98.5	96.8	101.1	102.4	99.7	103.4	106.7	102.8	105.7	89.8	96.3	101.4
TNGY12355 / TNGY12363	90.2	107.8	95.5	95.2	107.9	96.3	100.9	108.0	97.0	85.0	101.0	97.3
TNGY12355 / TNGY12382	94.8	92.7	99.2	102.8	95.6	99.5	112.2	98.8	99.8	94.5	92.5	100.1
TNGY12357 / TNGY12363	94.0	106.0	89.5	95.5	109.2	92.1	97.0	112.7	95.0	88.6	105.3	91.1
TNGY12357 / TNGY12382	93.4	99.8	93.1	97.5	100.0	95.5	102.0	100.3	97.9	93.1	99.7	93.9
TNGY12363 / TNGY12382	92.9	96.0	100.0	95.5	99.1	100.5	98.2	102.5	101.0	92.5	95.8	101.8
Mean of F_1	95.4	104.3	98.2	99.6	106.2	100.1	104.4	108.3	102.1	93.5	102.6	98.8
F_2 Generation												
TNGY10077 / TNGY12355	104.4	109.6	102.6	113.6	111.4	105.6	124.6	113.3	108.6	104.9	106.1	102.9
TNGY10077 / TNGY12357	100.6	111.3	100.7	105.4	112.8	101.3	110.7	114.3	101.9	101.0	110.6	96.5
TNGY10077 / TNGY12363	96.7	110.7	89.8	99.7	112.6	93.1	103.0	114.6	96.5	97.1	107.1	91.5
TNGY10077 / TNGY12382	93.9	103.6	98.6	94.3	105.2	102.7	94.7	106.8	104.9	94.3	103.4	99.4
TNGY12355 / TNGY12357	97.7	97.4	99.9	101.7	100.3	102.1	105.9	103.4	104.5	89.2	96.8	100.2
TNGY12355 / TNGY12363	101.0	103.4	96.5	106.6	103.5	97.2	113.0	103.6	98.0	95.1	96.9	98.2
TNGY12355 / TNGY12382	94.1	96.8	94.0	102.0	99.9	94.3	111.3	103.2	94.5	93.7	96.6	94.8
TNGY12357 / TNGY12363	98.8	102.3	99.5	100.3	105.4	102.5	102.0	108.8	105.6	93.1	101.7	101.3
TNGY12357 / TNGY12382	96.0	98.3	101.9	100.2	98.6	104.4	104.8	98.8	107.1	95.6	98.2	102.7
TNGY12363 / TNGY12382	91.6	94.8	97.3	94.2	98.0	97.8	96.9	101.3	98.3	91.3	94.7	99.1
Mean of F_2	97.5	102.8	98.1	101.8	104.8	100.1	106.7	106.8	102.0	95.5	101.2	98.7
F_3 Generation												
TNGY10077 / TNGY12355		100.8	89.1		102.5	91.6		104.2	94.3		97.6	89.4
TNGY10077 / TNGY12357		95.8	97.9		97.1	98.5		98.4	99.1		95.2	93.9
TNGY10077 / TNGY12363		98.9	90.9		100.6	94.2		102.4	97.7		95.7	92.6
TNGY10077 / TNGY12382		98.4	95.0		100.0	98.0		101.5	101.1		98.3	95.8
TNGY12355 / TNGY12357		93.9	97.2		96.7	99.4		99.7	101.7		93.4	97.5
TNGY12355 / TNGY12363		105.1	97.4		105.2	98.1		105.3	98.9		98.4	99.2
TNGY12355 / TNGY12382		92.1	106.5		95.1	106.7		98.2	107.0		92.0	107.3
TNGY12357 / TNGY12363		99.9	100.7		103.0	103.8		106.3	107.0		99.3	102.6
TNGY12357 / TNGY12382		97.3	96.2		97.5	98.6		97.7	101.1		97.1	97.0
TNGY12363 / TNGY12382		103.9	98.7		107.4	99.2		111.0	99.7		103.7	100.5
Mean of F_3		98.6	97.0		100.5	98.8		102.5	100.8		97.1	97.6

三、親本稻穀產量的一般組合力：

合併同一親本（不論父本或母本）雜種組合的稻穀產量，計算其平均值，以估算各親本的一般組合力（表6），76年第一期作 F_1 及 F_2 之一般組合力皆以臺農育10077較高。唯其平均產量低於親本臺農育10077，臺農育12355及臺農育12357之一般組合力雖較臺育10077低，唯其 F_1 及 F_2 之平均產量卻高於親本臺農育12355或臺農育12357。77年第一期作 F_1 及 F_2 之一般組合力，亦以臺農育10077較高， F_3 則以臺農育12363較高，平均產量皆高於其親本。77年第二期作 F_1 及 F_2 之一般組合力，亦以臺農育10077較高，F_3 則以臺農育12382較高，平均產量皆高於該親本。就一般組合力而言，不論76年及77第一期平均，77年一、二期作平均或三期作總平均，在 F_1 及 F_2 世代皆以臺農育10077最大，其次爲臺農育12357，臺農育12382之一般組合力最差，而在 F_3 世代卻以臺農育12363較大，其次是臺農育12382。一般組合力在各期作表現較穩定的是臺農育12357。

表6. 花藥培養品系稻穀產量之一般組合力（kg／ha）

Table 6. The general combining ability for yield in anther culture strains(kg／ha)

Paret	Gene－ration	Crops					
		1987 First	1988 First	1988 Second	1st crop Mean	1988 Mean	Total Mean
TNGY 10077	P	7,550.0	6,882.4	5,306.9	7,216.2	6,094.7	6,579.8
	F_1	7,365.4	7,741.2	5,629.6	7,553.3	6,685.4	6,912.1
	F_2	7,467.7	7,597.0	5,466.0	7,532.4	6,531.5	6,843.6
	F_3	—	6,876.2	5,204.0	6,876.2	6,040.1	6,040.1
TNGY 12355	P	6,329.3	6,659.2	5,617.3	6,494.3	6,138.3	6,201.9
	F_1	6,923.4	7,136.7	5,581.3	7,030.0	6,359.0	6,547.1
	F_2	7,196.3	7,046.8	5,547.2	7,121.5	6,297.0	6,596.7
	F_3	—	6,780.1	5,508.8	6,780.1	6,144.5	6,114.5
TNGY 12357	P	6,860.3	7,068.5	5,370.4	6,964.4	6,219.4	6,433.1
	F_1	7,027.3	7,325.8	5,451.4	7,176.6	6,388.6	6,601.5
	F_2	7,121.3	7,240.5	5,611.3	7,180.9	6,425.9	6,657.7
	F_3	—	6,845.2	5,547.7	6,845.2	6,160.0	6,160.0
TNGY 12363	P	7,082.7	6,646.8	5,703.7	6,864.7	6,175.3	6,477.7
	F_1	6,790.5	7,212.6	5,477.1	7,001.6	6,344.9	6,493.4
	F_2	7,076.1	7,118.1	5,462.3	7,097.1	6,290.2	6,552.1
	F_3	—	7,062.3	5,529.0	7,062.3	6,295.6	6,295.6
TNGY 12382	P	7,488.7	7,099.5	5,647.6	7,294.1	6,373.5	6,745.2
	F_1	7,051.3	7,063.8	5,518.5	7,057.6	6,291.2	6,544.6
	F_2	7,046.5	6,984.7	5,544.7	7,015.6	6,264.7	6,525.9
	F_3	—	6,953.7	5,610.0	6,953.7	6,281.9	6,281.9

四、自交衰退：

以各組合之 F_1 稻穀產量減去該組合 F_2 及 F_3 世代之稻穀產量，再除以 F_1 稻穀產量來估算自交衰退百分率，正值表示具有自交衰退，負值則否，結果詳如表7。一般而言，自交衰退因組合而有明顯的差異，且各期作組合間之表現不一致。就 F_2 世代各組合而言，除了臺農育10077／臺農育12357及臺農育12363／臺農育12382兩組合，在三個試驗期作皆表現不同程度之自交衰退外，其他八個組合，因期作而明顯之差異。以臺農育10077爲親本之四個組合，在 F_3 世代有較高的自交衰退率。概言而之，參試之十個組合，在 F_2 及 F_3 世代，因期作不同而有高低不同程度之自交衰退率或相反之表現，顯現受期作環境之影響頗大。

表7. F_2及F_3世代平均稻穀產量之自交衰退率（%）

Table 7. The average percentage of decrease for grain yield from F_1 to F_2 and F_3 generations

(Cross)	Generation	Crops					
		1987 First	1988 First	1988 Second	1st crop Mean	1988 Mean	Total Mean
TNGY10077 ／ TNGY12355	F_2	− 5.8	5.0	− 3.1	− 0.2	1.7	− 1.0
TNGY10077 ／ TNGY12357	F_2	1.4	0.2	6.2	0.8	2.7	2.2
TNGY10077 ／ TNGY12363	F_2	− 1.9	− 3.5	9.4	− 2.7	2.1	0.7
TNGY10077 ／ TNGY12382	F_2	0.8	5.4	− 1.1	3.2	2.7	2.0
TNGY12355 ／ TNGY12357	F_2	0.7	− 0.5	1.2	0.1	0.2	0.4
TNGY12355 ／ TNGY12363	F_2	− 11.9	4.1	− 1.0	− 3.5	1.9	− 2.8
TNGY12355 ／ TNGY12382	F_2	0.8	− 4.4	5.3	− 1.7	0.0	0.3
TNGY12357 ／ TNGY12363	F_2	− 5.1	3.5	− 11.2	− 0.5	− 2.5	− 3.4
TNGY12357 ／ TNGY12382	F_2	− 2.8	1.5	− 9.4	− 0.6	− 3.1	− 3.0
TNGY12363 ／ TNGY12382	F_2	1.4	1.2	2.7	1.3	1.9	1.7
Mean of F_2		− 2.1	1.4	0.1	− 0.4	0.8	− 0.2
TNGY10077 ／ TNGY12355	F_3		12.6	10.5		11.8	
TNGY10077 ／ TNGY12357	F_3		14.1	8.8		11.8	
TNGY10077 ／ TNGY12363	F_3		7.6	8.3		7.9	
TNGY10077 ／ TNGY12382	F_3		10.1	2.5		7.0	
TNGY12355 ／ TNGY12357	F_3		3.0	3.8		3.4	
TNGY12355 ／ TNGY12363	F_3		2.5	− 2.0		0.6	
TNGY12355 ／ TNGY12382	F_3		0.6	− 7.3		− 3.0	
TNGY12357 ／ TNGY12363	F_3		5.7	− 12.6		− 1.7	
TNGY12357 ／ TNGY12382	F_3		2.5	− 3.3		0.1	
TNGY12363 ／ TNGY12382	F_3		− 8.3	1.3		− 3.9	
Mean of F_3			5.4	1.2		3.6	

五、稻穀產量與其構成因素之關係：

77年第一、二期作之稻穀產量構成因素列於表8，一般而言，第一期作的產量構成因素皆優於第二期作，所以第一期作稻穀產量顯著優於第二期作，是四個產量構成因素集體之影響。以77年第一、二期作參試各處理之產量構成因素等與單株稻穀乾重進行相關分析（表9），由此結果得悉，因性狀不同而在一、二期作的相關表現不一致。產量與穗數，產量與收穫指數、稔實率與收穫指數、穎花數與穗重、千粒重與稔實率等性狀，在第一、二期作皆呈顯著或極顯著正相關的性狀。而穗數與穗重、穗數與穎花數、及穎花數與千粒重在兩期作呈極顯著之負相關。穗數與稔實率及千粒重、收穫指數與千粒重、穗重與千粒重及產量、穎花數與產量在兩期作相關皆不顯著。收穫指數與穗重及穎花數，在第一期作正相關爲極顯著，而第二期作則相關不顯著。穗數與收穫指數、產量與稔實率及千粒重等在第一期作相關不顯著，而在第二期作則是顯著或極顯著正相關。穗數與稔實率在第一期作相關亦不顯著，而第二期作則呈極顯著負相關。

表8. 参試組合（品種之稻穀產量構成因素

Table 8. The yield components of rice for F_1, F_2, F_3 and parental varieties

Variety (Cross)	Generation	Panicles per plant		Spikelets per panicle		Seed-set (%)		Grain weight (mg)	
		I	II	I	II	I	II	I	II
TNGY10077 / TNGY12355	F_1	13.0	12.0	104.9	97.4	88.68	85.63	26.92	27.17
TNGY10077 / TNGY12357	F_1	15.5	13.5	96.0	84.8	89.51	87.58	28.63	28.60
TnGY10077 / TNGY12363	F_1	13.8	14.0	92.7	89.1	90.58	86.83	28.66	27.64
TNGY10077 / TNGY12382	F_1	13.0	14.0	107.8	90.3	89.38	84.80	26.95	27.64
TNGY12355 / TNGY12357	F_1	16.5	15.5	85.5	79.8	87.53	85.32	28.94	28.39
TNGY12355 / TNGY12363	F_1	14.5	13.5	80.7	90.3	92.39	86.38	29.49	25.80
TNGY12355 / TNGY12382	F_1	14.0	14.2	91.2	82.4	93.25	86.92	27.17	28.79
TNGY12357 / TNGY12363	F_1	13.0	13.3	85.7	84.9	92.66	85.69	28.92	27.41
TNGY12357 / TNGY12382	F_1	15.0	14.5	91.3	81.2	88.22	85.90	27.06	27.79
TNGY12363 / TNGY12382	F_1	15.0	15.3	90.3	77.9	89.91	87.42	26.37	28.26
Mean of F_1		14.3	13.9	92.6	85.8	90.21	86.25	27.91	27.75
TNGY10077 / TNGY12355	F_2	16.0	15.3	88.5	80.6	86.50	86.55	28.61	28.35
TNGY10077 / TNGY12357	F_2	13.0	14.2	98.1	92.0	86.65	86.01	29.19	28.16
TNGY10077 / TNGY12363	F_2	15.2	15.8	99.0	70.8	88.88	86.23	28.38	28.74
TNGY10077 / TNGY12382	F_2	12.5	14.2	107.8	81.0	92.22	86.17	26.97	29.04
TNGY12355 / TNGY12357	F_2	14.2	13.8	89.8	84.9	88.32	86.66	29.68	27.76
TNGY12355 / TNGY12363	F_2	15.5	13.3	83.8	88.3	90.07	88.24	27.87	27.78
TNGY12355 / TNGY12382	F_2	12.8	15.2	98.1	80.7	89.01	86.55	27.81	27.80
TNGY12357 / TNGY12363	F_2	13.7	13.0	87.5	87.3	90.47	88.68	28.35	28.08
TNGY12357 / TNGY12382	F_2	17.3	14.2	93.8	86.8	88.36	85.05	26.62	27.41
TNGY12363 / TNGY12382	F_2	15.0	15.8	100.6	87.6	85.28	83.10	25.43	27.86
Mean of F_2		14.5	14.4	94.7	84.0	88.57	86.32	27.89	28.10
TNGY10077 / TNGY12355	F_3	12.2	14.0	100.8	79.6	86.96	86.38	27.97	28.43
TNGY10077 / TNGY12357	F_3	14.8	12.0	95.5	103.3	84.03	83.42	26.86	27.97
TNGY10077 / TNGY12363	F_3	13.7	13.7	92.7	91.6	85.15	81.57	26.69	28.45
TNGY10077 / TNGY12382	F_3	13.0	16.0	104.8	80.8	86.08	81.81	27.72	26.83
TNGY12355 / TNGY12357	F_3	16.3	15.8	78.3	84.8	87.84	83.16	29.17	27.43
TNGY12355 / TNGY12363	F_3	19.5	16.2	87.6	91.3	85.55	84.78	26.86	27.02
TNGY12355 / TNGY12382	F_3	16.2	14.3	91.8	82.1	87.39	86.07	26.60	28.64
TNGY12357 / TNGY12363	F_3	15.7	17.8	85.4	77.0	88.29	84.66	28.58	27.69
TNGY12357 / TNGY12382	F_3	16.2	15.8	86.4	86.0	87.27	85.89	27.38	28.62
TNGY12363 / TNGY12382	F_3	15.3	13.5	88.9	98.0	87.73	85.99	26.35	27.45
Mean of F_3		15.3	14.9	91.2	87.5	86.63	84.37	27.42	27.85
TNGY10077		11.5	14.8	115.3	85.5	85.79	82.86	27.62	27.10
TNGY12355		14.8	12.0	88.2	85.8	86.83	85.96	28.74	26.63
TNGY12357		16.3	13.5	80.1	86.0	91.15	86.35	28.26	27.93
TNGY12363		14.8	15.5	90.7	79.3	84.39	83.93	28.19	27.79
TNGY12382		17.5	13.7	89.3	87.5	93.12	85.55	25.07	27.12
TNG67		14.3	14.2	102.6	86.6	84.76	85.15	26.71	27.56
Mean of Varieties		14.9	13.9	94.4	85.1	87.67	84.97	27.43	27.35

表9. 農藝性狀與稻穀產量之相關（對角線上：77年第一期作，對角線下：77年第二期作）

Table 9. Correlation coefficients among yield and some agronomic characters (above diagonal: 1988 I., below diagonal: 1988 II)

Character	1	2	3	4	5	6	7
1 Panicles per plant		−.1567	−.7112**	−.5766**	−.1611	−.1817	.6901**
2 Harvest index	.3650**		.4168**	.3680**	.2262*	−.0639	.2364*
3 Weight per panicle	−.5469**	.1810		.8426**	.2611**	.1375	−.0240
4 Spikelets per panicle	−.5684**	.0481	.8130**		−.1014	−.3428**	−.0143
5 Seed−set	.0936	.2004*	.1659	−.2806**		.2155*	.0986
6 1000−grain weight	.0715	.1178	.0560	−.4571**	.3219**		−.0792
7 Single−plant yield	.7261**	.6030**	.1471	−.0881	.3546**	.2136*	

*, ** Significant at 5% and 1% level, respectively.

爲了解四個產量構成因素分別對產量之貢獻量，以產量構成因素對產量進行複迴歸分析，一、二期作複迴歸方程式分別爲；

$$y_1 = -83.2468 + 2.0372X_1 + 0.3073X_2 + 0.3181X_3 + 1.0590X_4$$

$$y_1 = -85.0218 + 1.9926X_1 + 0.3119X_2 + 0.2995X_3 + 1.1811X_4$$

式中 y 爲稻穀產量，X_1 爲穗數，X_2 爲穎花數，X_3 爲稔實率，X_4 爲千粒重，而其複相關係數分別爲0.9647及0.9848，且一、二期作其淨迴歸係數皆極顯著，顯示由產量構成因素對產量均具有相當程度之影響。

討　論

本試驗爲探討粳稻雜交 F_1 植株行花藥培養所得品系間，其雜種是否具有雜種優勢，以了解同質基因型對產量及其他農藝性狀之影響。依據本試驗的結果，花藥培養品系間雜種稻穀產量，因組合而有明顯之差異，一般而言，其 F_1 及 F_2 多具有雜種優勢，且 F_1 與F_2 之產量相似，而 F_3 的雜種優勢較微或無。此結果與其他學者利用一般品種（系）之研究，各有其異同之處；F_1 具有雜種優勢及 F_3 產量明顯下降，爲多人之結論(1,5,12,13,15)，李(1)張(13)等認爲 F_2 之產量較 F_1 明顯下降的現象，則在本試驗中未曾發現，此可能是基因型不同，致其分離重組之速度不一樣。76年第一期作雜種 F_1 及 F_2 之每公頃稻穀產量，雖與77年第一期作相似，年度間無顯著的差異，但與親本或對照種比較結果，76年第一期作雜種水稻的產量指數明顯低於77年第一期作。經查76年及77年第一期作本所之氣象資料，發現76年4月中旬之平均溫度20°C左右，最低溫爲15°C左右，溫度明顯偏低，而77年第一期作則無此現象，此時期正是水稻孕穗期，而在各處理之抽穗期相近的情形下，雜種水稻之稻穀產量指數較低，可能是由低溫所影響，由湯(2,3)之報告，生殖生長期前期溫度下降，則稻穀產量驟減，孕穗期至糊熟期是溫度影響稻穀產量最重要時期；由本試驗結果，可以了解雜種水稻受溫度之影響較大，此亦與筆者等之另一試驗結果相似(7)。

第二期作的稻穀產量，顯著地低於第一期作，此第二期作之低產現象，仍爲本省共通之問題，其原因複雜，且是整體的影響，在此不予討論，唯雜種稻穀產量之指數，第二期作亦低於第一期作，此結果與秈型雜種水稻在第二期作有較高之產量不一致(7)，值得進一步再予探討。

本試驗各組合稻穀產量之特殊組合力，以臺農育10077／臺農育12355及臺農育10077／臺農育12357表現較佳，臺農育12355／臺農育12357及臺農育12363／臺農育12382表現較差。許(5)等認爲親源係數（Coefficient of relationship）較小的品種間雜交之後裔，具有較大之雜種優勢，經查親本之親源得悉（表1），五個親本中，臺農育10077與臺農育12355及臺農育12357之親源係數最小，因而該二組合之特殊組合力較佳，臺農育12355與臺農育12357、臺農育12363與臺農育12382，分別係同

一雜交組合之 F_1 經花藥培養育成品系，各具有同一親源，其基因型可能近似，致組合力較差，但由其 F_2 及 F_3 具有自交衰退之現象，可了解其基因型並非完全一樣。另外，臺農育10077之一般組合力，較其他四個親本高的原因，可能亦受親源係數較小的影響。

由各組合之自交衰退率比較結果，各組合在期作間的表現，有頗多不一致的地方，顯示雜種集團受環境之影響不一，又父母本之基因型較接近的組合,其自交衰退率較基因型差異大者低，尤其在 F_3 世代此現象更爲明顯，其原因可能是基因型差異大者之基因分離與重組速率較快，本試驗在未經選拔之下進行，故各組合之 F_2 及 F_3 應具有各類型之基因型，基因分離與重組速率較快者，其基因型之變域較大，而劣變的比率可能高於優變，致使自交衰退率較大，基因分離與重組速率較慢者，出現各類型之基因型的世代可能延後，從事育種選拔工作時，雜交後代出現各類型之基因型的時機，是選拔的良機，因此有關基因分離與重組速率，實有必要進一步探討，以提供育種工作之參考。

依據本試驗77年一、二期作之資料，稻穀產量與產量構成因素之關係，不論就直線相關分析或複迴歸分析，皆顯示穗數對產量的關係最密切，此結果與 Ganesan [12]之報告相似，唯與秈型雜種水稻之表現不一致[7]，湯[4]等亦指出品系間對環境的反應不一致，因此從事水稻育種工作時，應視育種材料而決定選拔重點，才能得到事半功倍之效果。

引用文獻

1. 李成章。1971。水稻早期世代什種優勢與衰退量之研究。科委會年報60：178.
2. 湯文通、高景輝。1971。溫度對水稻生育之影響。Ⅰ.生殖生長期不同溫度處理對水稻產量與農藝性狀之影響。科學農業19：270—272.
3. 湯文通、高景輝。1972。溫度對水稻生育之影響。II.生育期間溫度對水稻產量與農藝性狀之影響。中華農學會報77：16—25.
4. 湯文通、戴喬治。1975。水稻育成品系之產量穩定性之分析。中華農學會報91：1—6.
5. 許東輝、洪信雄、鄧耀宗、黃眞生。1969。水稻雜種優勢之研究。(1)水稻品種間雜種第一代優勢之初步測定。中華農業研究18：1—17.
6. 黃眞生、蔡新聲、陳治官、卜瑞雄、陳正昌、曾東海、鄭清煥、林永佶、吳淑芬。1985.花藥培養於水稻育種之應用。中華農業研究34：391—401.
7. 曾東海、黃眞生.1987。雜種水稻的產量與組合力。中華農業研究36：151—164.
8. 蔡新聲。1980。花藥培養單培體植物之形成及應用。科學農業28：379—396.
9. 木村滋。1985。都道府縣の公立農業關係試驗研究機關にわけるバイオテクノロジー研究の現狀。農業わよび園藝60：237—243.
10. 新橋登、相川宗嚴。1985。イネの藥培養と育種への應用。農業わよび園藝60：172—176.
11. 福井希一。1981。中國にわける半數體育種の進展(3)新品種の育成。農業わよび園藝56：10—14.
12. Ganesan, K. and M. Subramanian. 1990. Genetic studies of the F_2 and F_3 of tall x semidwarf rice varieties. IRRN 15(1) : 4－7.
13. Chang, W. L., and E. H. Lin. 1972. Agronomic performance of the F_1, F_2 and F_3 generations of rice crosses. Jour. Agric. Res. China 21:165－174.
14. Huang, C. S., H. S. Tsay, C. G. Chern, C. C. Chen, C. C. Yeh and T. H. Tseng.1988. Japonica rice breeding using anther culture. Jour. Agric. Res. China 37:1－8.
15. Virmani, S. S., R. C. Apuino and G. S. Khush. 1982. Heterosis breeding in rece *(Oryza Sativa* L.) Theor. Appl. Genet. 63:373－380.

Yield and Yield Components of Anther−Derived Plants from Hybrid Progenies in Rice[1]

T. H. Tseng, C. G. Chern, C. S. Huang, H. S. Tsay[2]

Summary

Five japonica rice strains derived from anther culture of F_1 hybrids of different crosses were used for semi−diallel crosses to give 10 cross combinations. The five strains and their F_1, F_2 and F_3 progenies were utilized to investigate the possible effect of compete homozygous dihaploidy on the performance of grain yield and yield components. Field experiments were conducted in the 1st crop season of 1987 and 1988 and in the 2nd crop season of 1988. Experimental results indicated that differences in grain yield among entries were significant in the 1st crop but insignificant in the 2nd crop season. There was no significant year effect on grain yield in the 1st crop. Pronounced differences in grain yield were observed between crops, however, the tendency was inconsistent among entries. Grain yield was comparable between F_1 and F_2 populations, and were higher than that of F_3 plants. Either positive or negative heterosis was recorded and it varied among combinations and generations. In general, heterosis was higher for F_1 and F_2 than for F_3 progenies. The cross combinations TNGY 10077/TNGY 12355 and TNGY 10077/TNGY 12357 showed higher specific combining ability. Strain TNGY 10077 was higher in general combining ability in the F_1 and F_2 while strain TNGY 12363 was higher in the F_3 populations. Inbreeding depression also varied among cross combinations, and it was lower for F_2 than for F_3 genertions. Grain yield was positively correlated with panicle number per hill in both the 1st and 2nd crops, and with seed −setting rate and 1,000−grain−weight only in the 2nd crop season. Seed−setting rate was also positively correlated with 1,000−grain−weight. Negative correlations were observed between panicle number per hill and number of spikelet per panicle, and between spkelet number per panicle and both seed−setting rate and 1,000−grain−weight. The relative contribution of yield components to grain yield was in the order of panicle number per hill, spikelet number per panicle, 1,000−grain−weight, and seed−setting rate.

Key Words : Anther culture, yield, combining ability, heterosis.

---

1 Contribution No. 1546 form Taiwan Agricultural Research Institute. Financial support from Council of Agriculture, Executive Yuan is appreciated.

2 Assistant agronomist, Assistant agronomist, Senior Agronomist, Senior Agronomist Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan 41301, R.O.C.

中華農業研究（Jour. Agri. Res. China）40(1)：13～27（1991）

山葵臺農1號之育成[1]

胡敏夫[2]　邱善美[2]　羅朝村[3]　劉新裕[2]　杜金池[4]

摘要：山葵（*Wasabia japonica Matsum*）臺農1號於民國72年從阿里山產區50萬株族群中選出後，歷經品種觀察試驗、品種比較試驗、區域試驗、綜合栽培技術改良試驗、抗病程度調查與品質分析等，確定其各項農藝特性及品質均比本地種優異，經審查通過而命名。

本品種全株鮮綠多汁，株形高大分蘗多，生長速度快且葉柄稍具甜味，又具較抗白銹病、黑心病及耐高溫等特性，適應性廣且高產，爲一良好之加工及鮮食兼用品種，區域試驗每公頃平均葉柄產量達57,000公斤；根莖產量達21,000公斤，適合於海拔1,200—2,300m之山地栽培。

關鍵詞：山葵、配醣體、露菌病、白銹病、黑心病、根瘤病、非介量分析符號檢定法。

山葵（*Wasabia japonica* Matsum）爲十字花科之多年生草本植物，喜陰濕之環境，生育適溫爲8—18°C，通常被栽培於高冷地之杉木下。全株均具有獨特風味，以香、辛、甘及粘等4種特性傲居所有香辛料作物之上，更非人工代替物或芥茉粉所能比擬。其成分及藥效據足立氏（6）及邱氏報告（1），含油類與糖類結合之配醣體(sinigrin)，酵素(Amylase, Invertase, Lipase, Peroxydase, Esterase, Tyrosinase)，Allylisothiocyanate, Butylisothiocyanate 及Vitamin C等，有促進食慾、防腐、抗菌之效，並有解魚毒、發汗、利尿及清血等功用，日本人常作爲吃生魚片之佐料。

日本山葵栽培區，廣及全國各縣，其中以靜岡、長野及島根等縣栽培最多，全國栽培面積計786.1公頃（3）。本省山葵栽培始於民國3年，由日人佐藤昌氏自日本宮城縣引進於阿里山試種成功，迄今已數十年歷史，農民使用老舊品種及採用粗放栽培，產量及品質低劣，病害發生嚴重（4）。本所鑑於需要，乃自民國72年起進行優良品系篩選，就現有品種之缺點確立下列育種目標：(1)生長速度快，株形理想。(2)根莖及葉柄產量高，可供加工及鮮食或二者兼用。(3)抗露菌病 *(Peronospora alliariae wasabiae)*、白銹病 *(Albugo wasabiae)*、黑心病 *(Phoma wasabiae)* 及根瘤病 *(Meloidogyne Javanica)*。(4)辛味強、色優質密及黏度高。(5)適應性廣，在海拔1,200—2,000m區域內均可栽培等。經試驗結果於各供試材料中選出具有上列特性72－S－1之品系，先後經品種觀察、品種比較、區域試驗、栽培技術改良及品質分析等研究，確定此品系之各項農藝特性及品質均比本地種優異，符合推廣需要，乃於民國79年5月31日提出命名申請，經審查通過命名爲山葵臺農1號。

材料與方法

一、育成經過及方法：

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1547 號。本研究承蒙農林廳技士陳森雄、吳鳳鄉公所課員莊新義協助調查，本系助理王昭月協助整理部份資料，謹此一併誌謝。
2. 本所農藝系助理研究員、副研究員、研究員。
3. 本所植病系助理研究員。
4. 本所所長。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

山葵臺農1號係採用營養系選種法，民國72年1—3月間，於第一分道及阿里山二萬平生產區之約50萬株混雜族群中，依據葉形（如圖1）、葉色、葉脈及葉柄顏色，株高及抗病情形篩選出55單株，其中株形高大，全株青綠色，葉片稍具菱形30株。葉面光滑，葉形稍圓，全株青綠25株，並自商人陳熣焜先生所引進品種觀察圃中，選得生長旺盛，葉柄紅色30株。於4月間分別取下健康分蘗苗，種植於第一分道地區，行株距爲20×20cm (1.4)，四周種植本地種爲對照，面積約200m²，管理方法採一般民間慣行方法，進行初步觀察及繁殖種苗。自青莖菱葉形品系30株中，計獲得180分蘗苗，青莖圓葉品系中獲得80分蘗苗，紅莖品系獲得95分蘗苗。經觀察各品系之各植株之株形、葉形、顏色及生長勢並無大差異，乃將青莖菱品系編號爲72—S—1，青莖圓葉品系爲72—S—2，紅莖品系編號爲70—I—1。自民國74年起至79年間與本地種進行品種觀察、品種比較、區域試驗、肥料試驗、植期試驗、綜合栽培技術改良試驗、抗病性調查及品質分析等比較，各品系之生長勢、分蘗性、根莖形狀、根莖產量、地上部產量與品質及抗病程度等性狀，亦均分別調查及檢定。

品種觀察自民國74年4月至75年4月在阿里山第一分道進行，試驗設計採RCBD，3重複，行株距25×25cm，5行區，行長2.5m，每行種10株，小區面積爲3.125m²。

品種比較試驗自民國75年4月至78年4月間分二作次分別在梅峰臺大山地農場與阿里山達邦辦理，試驗設計與方法同品種觀察，行株距25×25cm，收穫時間爲種植後18個月。

區域試驗自民國75年4月至78年5月間，分二作次在阿里山區內二地點進行，試驗設計採 RCBD，3重複，行株距25×25cm，15行區，行長2.5m，每行種10株，小區面積9.375m²，種植後18個月採收。

植期試驗於民國76年在阿里山鄉達邦進行，供試品種爲本地種及臺農1號，種植時期分1月13日、4月10日、9月11日、10月16日及11月13日等五期，試驗設計採 RCBD ，3重複，行株距25×25cm，15行區，行長2.5m，每行種10株，小區面積9.375m²，種植後18個月採收。

肥料試驗自民國77年10月，亦在阿里山鄉邦進行。供試品種爲臺農1號及70—I—1兩品系，試驗設計採裂區設計，3重複，以肥料量爲主區，品種爲副區，肥料用臺肥複合1號，要素量分(A)60：15：30 kg／ha，(B)120：30：60 kg／ha，(C)180：45：90 kg／ha，(D)無肥區，行株距25×25cm，15行區，行長2.5m，每行種10株，小區面積9.375m²，種植後18個月採收。

綜合栽培爲技術改良，自民國77年10月至79年4月間在阿里山鄉達邦進行。供試品種爲本地種、臺農1號及70—I—1等三品種（系），並以本地種行慣行放任栽培爲對照。試驗設計採 RCBD，3重複，行株距25×25cm，15行區，行長2.5m，每行種10株，小區面積9.375m²。

品質檢定採用官能測定，測定項目爲根莖外觀、山葵糊之香味、甜味、及辛味等。測試者分4組，每組5人（其中1名女性），依年齡逢機取樣選定，測試樣品3品（系）種，3重複，以本地種爲基準種（0）評鑑給分。山葵糊之色澤及粘度，則採用色差計及粘度計測定。色澤爲測定各品種（系）15樣品之 L,a 及 b 值。粘度測定方法，乃將各品種（系）之樣品取50g加蒸餾水，經果汁機打碎2分鐘後用粘度計測定3分鐘，所得之值 x 5即爲該樣品粘度值。

抗病性調查，以白銹病與葉黑心病及根瘤病爲調查對象。調查時期爲種植後90、160、230及540天。白銹病與黑心病之調查方法爲每品系每重複調查20株，每株調查4葉，3重複。根莖黑心病及根瘤病調查，則於每區調查根莖10條之平均維管束褐化率及每一根莖10條根共10條之平均根瘤數。

二、品種特性

臺農1號，幼葉呈圓形老葉大略呈菱形，葉脈分明有略皺縮，全株呈淡綠色，生長快，分蘗力強，株形高大，適合高、中海拔地區栽培，較耐高溫。根莖小大屬中型，多汁及辛味強，對白銹病及黑心病抗病性較強。單株可食用根莖平均達3條，在肥沃地種植有時一年就可收穫，但一般採收期均爲1.5年，爲一良好加工兼鮮食品種（詳如表1及圖2、3、4）。

表1. 山葵臺農1號品種特性

Table 1. Differences of varietal characteristics between Tainung No. 1 and Local variety.

項　目 Item	本　地　種 Local variety	臺　農　1　號 Tainung No. 1
株　高 Plant height	22—64 cm	27—67 cm
株　型 Plant type	開張型 Open	開張型 Open
葉　形 Leaf shape	心臟形 Heart	幼葉呈心臟形 Heart shape (young leaf) 老葉則轉成菱形 Lozenge shape (old leaf)
葉　色 Leaf color	綠色 Green	青綠色 Light－green
葉柄色澤 Petiole color	綠稍帶淡 Green with light 紫紅色 Purple and Red	青綠色 Light－green
分 蘖 性 Tillering	中 Middle	強 Strong
根莖色澤 Rhizome color	綠褐色 Green－brown	青褐色 Greenish－brown
始 花 期 Flowering time	早 Early	晚 Late
根莖小大 Rhizome size	細長 (30—40g)　Small	中 (50—60g)　Middle
辛　味 Piqnante taste	強 Strong	強 Strong
肉　質 Flesh	密 Firm	密多汁 Firm and Juicy
用　途 Usage	鮮食兼加工用 For food and Processing	鮮食兼加工用 For food and Processing
適 應 性 Adaptability	高海拔地區 High－elevation areas	中、高海拔地區 Medeium and high elevation areas
葉柄產量 Petiole wt.	21,000 kg／ha	57,900 kg／ha
根莖產量 Rhizome wt.	11,400 kg／ha	21,000 kg／ha
可收穫期 Harvest time	1.5—2年 (year)	1—1.5年 (year)
抗 病 性 Disease－resistance		
白 銹 病 White rust	感 Susceptible	抗 Resistant
葉黑心病 Leaf black spot	感 Susceptible	抗 Resistant
根莖黑心病 Rhizome streak disease	感 Susceptible	稍抗 Moderate－resistant
根 瘤 病 Root-knot nematode	感 Susceptible	感 Susceptible

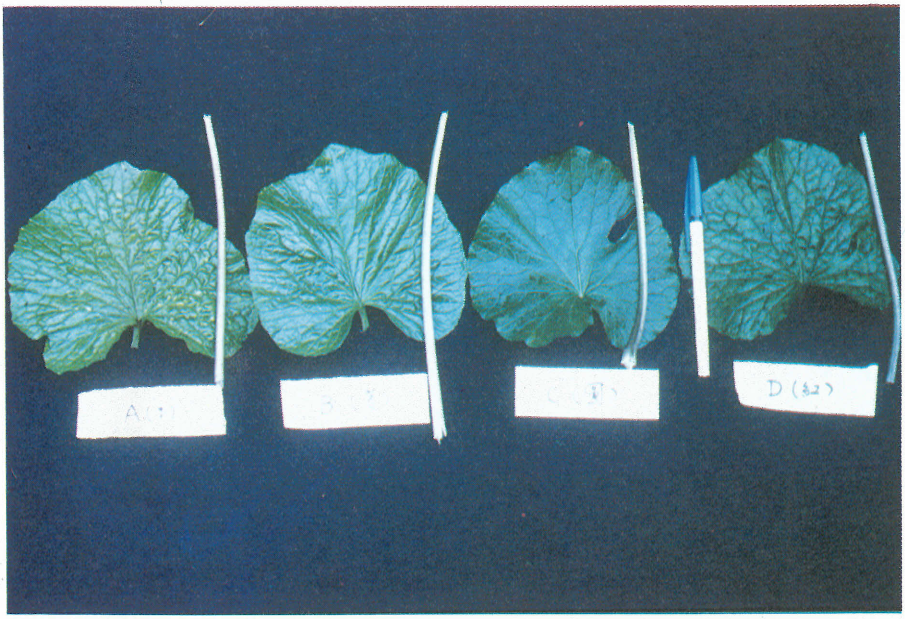


圖1. 山葵各品種（系）之葉形

Fig. 1. Leaf shape of different varieties of wasabi

由左右依序爲 70-I-1，臺農1號, 72-S-2, 本地種

圖2. 山葵各品種（系）之根莖形態

70-I-1 Tainung No.1,72-S-2, Local var. (from left to right)

Fig. 2. Rhizome morphographs of different varieties of wasabi.

圖3. 臺農1號植株形態
Fig. 3. Plant type of wasabi variety Tainung No.1.

圖4. 臺農1號田間生長情形
Fig. 4. Growth of wasabi variety Tainung No.1. in the field

結果與討論

一、品種觀察試驗：

表2. 品種觀察試驗（阿里山第一分道，74.4—75.4）

Table 2. Preliminary observation of different wasabi varieties /strains at Ali-san in 1985—1986.

Variety	Plant height (cm)	No. of tiller	Length of main rhizome (cm)	Diameter of main rhizome (cm)	Rhizome weight (g/pl.)	Whole plant wt. (g/pl.)	Rhizome yield (kg/ha)	Index (%)
Tainung No. 1	50.3a*	12a	12.6a	2.7a	100a	850a	16,000a	166.6
70—Ⅰ—1	38.5c	5b	9.2b	1.9b	90a	380b	14,400a	150.0
72—S—2	32.6a	0c	8.8b	1.2c	10c	100c	1,600c	16.6
Local variety (ck)	44.1b	6b	11.0a	1.9b	60b	400b	9,600b	100.0

*：表中同列中英文字母相同者，顯示 L.S.D. 分析，差異未達顯水準。

*：Means followed by the same letter within colum are not significantly different at 5% level by Least Significant Difference Test.

品種觀察試驗，於74年4月4日種植，栽培法仿農民慣行法 (4) ，即於種植每公頃施用雞糞10,000公斤充作基肥，種植後60天進行中耕除草並行第一次追肥，追肥量每0.1公頃施用複合肥料1號40公斤。第二次追施時間於秋季9月26日施用，施肥量同第一次施用量，生育期間於6月初噴佈鋅錳乃浦可濕性粉劑400倍，以防白銹病及露菌病發生。惟行株距仿日本栽培法25×25cm (6.7) ，種植後12個月採收調查，發現本地種及臺農1號均屬於多分蘗型品種，種植後初期生育較快，但本地種生育初期時，常易罹患白銹病及露菌病，後期地下部根莖發現有少數黑心病。臺農1號對上述病害之感染顯示有抵抗性，惟收穫時根莖部發現有少數黑斑，此黑斑經詳細觀察非黑心病，與蘿蔔缺硼產生黑斑相似，但眞正原因如何尙需進一步詳加研究。70—Ⅰ—1品系亦罹患白銹病、露菌病及黑心病，惟黑心病罹害程度較本地種輕。72—S—2品系因資質弱在繁殖圃時就生長較差，因之分蘗苗細嫩幼小植後有三分之一枯死。根莖產量調查發現臺農1號平均單株根莖重達100公克，次爲70—Ⅰ—1品系90公克，而本地種僅60公克，換算公頃產量分別爲16,000公斤、14,000公斤及9,600公斤，以產量指數言臺農1號比本地種增產66.6%，可說表現優異。

二、品種比較試驗：

表3. 品種比較試驗（梅峰，75.4—76.10，達邦，76.10—78.4）

Table3. Comparative tast of wasabi vareties at Mei-fung and Da-ban in 1986—1989.

Variety	Plant height (cm)	No. of tiller	Length of main rhizome (cm)	Diameter of main rhizome (cm)	Rhizome weight (g/pl.)	Whole plant wt. (g/pl.)	Rhizome yield (kg/ha)	Index (%)
			Mei-fung (1986—1987)					
Tainung No. 1	35.6a*	13a	9.2a	2.2a	32.5a	389.0a	5,200a	118.1
Local variety (ck)	31.6a	10a	9.2a	2.1a	27.7a	242.5b	4,400a	100.0
			Da-ban (1987—1989)					
Tainung No. 1	27.5a*	7a	8.35a	2.15a	57.8a	318.7a	9,200a	155.9
Local variety (ck)	27.0a	4b	7.03a	1.76b	37.2b	168.2b	5,900b	100.0

*：表中同列中英文字母相同者，顯示 L.S.D. 分析，差異未達顯5%水準。

*：Means followed by the same letter within each colum are not significantly different at 5% level by Least Significant Difference Test.

經品種觀察試驗結果，發現新選育之臺農1號有比對照種表現優異趨勢，乃於民國75年4月在中部臺大梅峰山地農場辦理品種比較試驗。設計及管理方法同品種觀察，惟栽培環境係利用網室栽培，遮陰率則參考日本文獻及本所前於信義地區試作調查結果採70%（2.6.7），以探討將來採用人工遮光網栽培之可行性。但經植後18個月採收結果，發現二品種之根莖產量約爲品種觀察之1／2至1／3，可見人工措施之環境與自然環境境相去甚遠。縱然如此，仍然發現臺農1號產量較高（如表3），比對照種猶增產18.1%，且對白銹病顯示較具有抗病性。

另外，爲積極開發中海拔山坡地保留地之需要，就阿里山鄉達邦地區繼續辦理品種比較試驗，以確定此品種之特性，是否適合此地區栽培，乃將收穫後種苗經消毒選優去劣，於民國76年10月種植。田間設計與管理方法如前年品種比較試驗，生育期亦爲1.5年。結果發現參試二品種之公頃平均根莖產量均比梅峰農場試驗高，臺農1號比對照增產55.9%。由此結果，顯現此品種不僅適合高海拔地區栽培，亦適合中海拔地區栽培，適應性頗強。

三、區域試驗：

表4.　區域栽培試驗（1986—1989）

Table4.　Regional test of wasabi varieties at three locations in Ali−San in 1986—1989

Variety	Plant height (cm)	No. of tiller	Length of main rhizome (cm)	Diameter of main rhizome (cm)	Rhizome weight (g／pl.)	Whole plant wt. (g／pl.)	Petiole yield (kg／ha)	Rhizome yield (kg／ha)	Index (%)
				Location I (1986—1987)					
Tainung No. 1	67.6ᵃ*	37ᵃ	13.50ᵇ	2.10ᵃ	222ᵃ	1,900ᵃ	108,800ᵃ	35,500ᵃ	322.7
Local variety (ck)	64.3ᵃ	11ᵇ	16.30ᵃ	2.17ᵃ	69ᵇ	500ᵇ	20,200ᵇ	11,000ᵇ	100.0
				Location II (1986—1987)					
Tainung No. 1	42.2ᵃ*	9ᵃ	12.3ᵃ	2.30ᵃ	100.8ᵃ	547.2ᵃ	31,300ᵃ	16,100ᵃ	107.4
Local variety (ck)	36.7ᵃ	9ᵃ	11.1ᵃ	2.35ᵃ	93.6ᵃ	650.0ᵃ	26,300ᵃ	14,900ᵃ	100.0
				Location III (1987—1989)					
Tainung No. 1	37.0ᵃ*	9ᵃ	9.53ᵃ	2.13ᵃ	72.0ᵃ	652.2ᵃ	33,800ᵃ	11,500	136.9
Local variety (ck)	35.6ᵃ	4ᵇ	9.16ᵃ	1.98ᵃ	53.0ᵃ	409.0ᵃ	16,500ᵇ	8,400ᵇ	100.0

*：表中各地區同列中英文字母相同者，顯示 L.S.D. 分析，差異未達顯5%水準。

*：Means followed by the same letter within each colum are not significantly different at 5% level by Least Significant Difference Test.

經品種觀察與品種比較試驗結果，發現臺農1號確實有特殊表現，乃再回到阿里山生產區辦理區域試驗，種植時間爲75年4月，管理方法同達邦地區品種比較試驗。第一分道附近爲初墾地，有機質含量豐富，因之種植後至採收時，全生育期均生長很旺盛，地上部受露菌病、白銹病及黑心病感染程度甚輕微，採收時臺農1號株高達67.6公分，平均分蘖數爲37支，可說株型甚高大，因之公頃平均根莖產量高達35,500公斤，爲對照種3倍。葉柄產量爲108,800公斤，爲對照種5倍。另一栽培試驗地係連作地，採用畦作栽培，全園山葵植株生育較整齊，因之，所參試二品種之公頃平均根莖產量與葉柄產量無顯著差異，惟臺農1號仍比本地種猶增產7.4%。

爲確定新品種之優異性，76年11月於第一分道再次辦理區域試作一次，種植地爲前作春季收穫之

連作地，試驗及管理方法均同上年度試驗，生育期間亦爲1.5年，試驗結果發現臺農1號之農藝特性及產量表現，確實比對照種優異，公頃平均根莖產量比本地種增產36.9%，公頃平均葉柄產量高達33,800公斤爲對照種之2倍。以上述三區域試驗結果加以平均，則臺農1號每公頃葉柄及根莖產量分別達57,900公斤及21,000公斤，表現甚爲優異值得命名推廣（詳如表4）。

四、肥料試驗：

表5. 阿里山鄉達邦肥料試驗田土壤成分分析

Table5. Soil Properties in Da−ban ,Ali−san.

Sample	pH value	Organic matter (%)	P_2O_5 (ppm)	K_2O (ppm)
1	5.80	14.40	9.85	76.50
2	4.90	14.90	14.30	69.10
3	4.30	21.20	11.15	173.80
4	6.00	24.90	36.32	128.30
5	4.70	19.50	78.15	112.00
Average	5.14	18.98	29.96	111.94

表6. 山葵肥料試驗各處理之農藝特性表現

Table6. Agronomic characteristics between Wasabi cv. Tainung No.1 and 70−I−1 strain in different fertilizer treatments.

Treatment	Plant height (cm)	No. of tiller	Length of main rhizome (cm)	Diameter of main rhizome (cm)	Rhizome weight (g/pl.)	Whole plant wt. (g/pl.)	Petiole yield (kg/ha)	Rhizome yield (kg/ha)	Index (%)
A_1	28.8	9	6.6	1.73	33.0	290.1	25,100	5,200	
A_2	28.1	7	9.3	2.19	43.3	202.2	12,400	6,900	
Average	28.4^{a*}	8^{b}	7.9^{a}	1.96^{a}	38.1^{a}	246.1^{b}	18,750^{bc}	6,000^{a}	114
B_1	33.3	9	7.5	1.82	31.9	302.9	22,200	5,100	
B_2	23.9	5	7.8	1.92	39.4	157.9	9,300	6,300	
Average	28.6^{a}	7^{b}	7.6^{a}	1.87^{a}	35.7^{a}	230.4^{b}	15,750^{c}	5,700^{a}	107
C_1	33.1	13	7.9	1.88	36.1	421.2	40,900	5,700	
C_2	30.0	9	9.5	2.27	50.2	268.8	19,400	8,000	
Average	31.5^{a}	11^{a}	8.7^{a}	2.07^{a}	43.1^{a}	345.0^{a}	30,100^{a}	6,850^{a}	129
D_1	30.6	10	6.9	1.72	22.6	251.2	22,600	3,600	
D_2	28.0	7	9.1	2.20	44.3	198.5	12,700	7,000	
Average	29.3^{a}	9^{b}	8.0^{a}	1.96^{a}	33.4^{a}	224.8^{b}	17,650^{bc}	5,300^{a}	100

A：N 60 kg/ha, P_2O_5 15 kg/ha, K_2O 30 kg/ha
B：N 120 kg/ha, P_2O_5 30 kg/ha, K_2O 60 kg/ha
C：N 180 kg/ha, P_2O_5 45 kg/ha, K_2O 90 kg/ha
D：Non fertilizer plot.
1： Tainung No.1 2：70−I−1
*：表同列英文字母相同者，顯示 L.S.D. 分析差異未達5%顯著水準。
*：Means followed by the same letter within colum are not significantly different at 5% level by Least Significant Difference Test.

肥料試驗之施肥量爲 A：N 60 kg/ha，$P_2O_5$15 kg/ha， K_2O 30 kg/ha； B：N 120 kg/ha，P_2O_5 30 kg/ha，60 kg/ha； C： N 180 kg/ha，P_2O_5 45 kg/ha，K_2O 90 kg/ha 三種用量，以 D 無肥區爲對照，其中 A 處理係參照日本陸山葵栽培施量 (6)。施肥時期分別於78年1月、3月、9月及11月間施用，每次施用量爲總量之1/4，施用肥料種類爲臺肥料1號（20：5：10）。供試

品種爲考慮現況及土地面積，乃選70—Ⅰ—1及臺農1號作爲材料。於民國77年10月7日種植，79年4月3日收穫調查，其結果如表6。發現施用不同量肥料間之山葵農藝性狀表現，無論株高，分蘖數、主根莖長、主根莖徑、平均單株葉柄產量及全株重量，與公頃平均根莖產量，兩品種系均以C處理區較佳，即山葵生育期內每公頃施用 N 180，P_2O_5 45，K_2O 90 kg／ha ，其生育有較優表現，公頃平均根莖產量比其他處理區增收15—22%，比無肥區增收29%。至於品種（系）間生育比較，臺農1號雖在各不同肥料量施用下，其生育均較70—Ⅰ—1品系旺盛。但根莖產量反而比70—Ⅰ—1品系低，乃因70—Ⅰ—1品系分蘖力較弱，地上部所佔百分比（75.6%）較低，可能耗養分較低而轉儲於根莖作用較強。反之臺農1號品系分蘖力強，地上部所佔百分比（85.1%）較高，耗養分較多，因之，根莖肥大難免較受抑制。加上本試驗爲期試驗正確，試驗田並未施用有機肥，其生育潛力可能受限制。至於無肥區70—Ⅰ—1品系之根莖產量顯現較高，可能因坡地地力不均所影響。另外，爲期抑制臺農1號地上部繁茂，將來可能需提高鉀肥施用量以促進根莖肥大。

五、植期試驗：

表7. 山葵種植時期試驗（達邦）

Table7. Comparisons of agronomic characteristics of wasabi varieties in different planting dates at Da－ban,Ali－san.

Treatment	Plant height (cm)	No. of tiller	Length of main rhizome (cm)	Diameter of main rhizome (cm)	Rhizome weight (g／pl.)	Whole plant wt. (g／pl.)	Petiole yield (kg／ha)	Rhizome yield (kg／ha)
S_1 A	22.0^{d}	6^{bcd*}	7.6^{bc}	2.04^{bc}	43.7^{bc}	295.3^{ab}	11,900^{cd}	6,900
S_1 B	33.1^{ab}	10^{ab}	9.0^{a}	2.27^{a}	60.5^{ab}	384.0^{a}	21,900^{ab}	9,600^{ab}
S_2 A	24.0^{cd}	9^{abc}	8.5^{ab}	2.11^{abc}	46.2^{bc}	297.0^{ab}	12,000^{cd}	7,300^{bc}
S_2 B	33.7^{ab}	12^{a}	9.4^{a}	2.17^{ab}	66.8^{a}	462.3^{a}	26,400^{a}	10,600^{a}
S_3 A	26.2^{cd}	5^{cd}	8.9^{a}	1.97^{cd}	39.3^{c}	169.6^{b}	6,800^{d}	6,200^{c}
S_3 B	35.7^{a}	8^{abcd}	8.3^{ab}	2.02^{bcd}	50.0^{abc}	338.0^{ab}	19,300^{b}	8,000^{abc}
S_4 A	27.0^{cd}	4^{d}	7.0^{c}	1.76^{e}	37.2^{c}	168.2^{b}	6,800^{d}	5,900^{c}
S_4 B	27.4^{c}	7^{bcd}	8.4^{ab}	2.15^{abc}	57.8^{ab}	318.7^{ab}	18,200^{bc}	9,200^{ab}
S_5 A	27.0^{cd}	5^{cd}	8.5^{ab}	1.85^{de}	43.2^{bc}	186.0^{b}	7,500^{d}	6,900^{bc}
S_5 B	28.7^{bc}	10^{ab}	8.8^{ab}	2.07^{bc}	53.3^{abc}	320.0^{ab}	18,300^{bc}	8,500^{abc}

S_1：76.1—77.7　S_2：76.4—77.11　S_3：76.9—78.3
S_4：76.10—78.4　S_5：76.11—78.5
A：Local variety　B：Tainung No.1
＊：表中同列中英文字母相同者，顯示鄧肯氏多變域分析，差異未達5%顯著水準
＊：Means followed by the same leetter, within colum are not singnificantly different at 5% level by Duncan's new multiple range Test.

植期試驗結果，發現兩品種均以4月份春植者根莖及葉柄產量較高，10月份秋植者與1月份春植者，公頃平均根莖及葉柄產量差異不顯著。因此就植期而言，本省山葵植期春植比秋植佳。另就品種間比較，雖然臺農1號之根莖產量在各植期間並無顯著差異，但若兼考慮葉柄產量，則以1月份及4月份之植期較佳。本省山葵生長期間可能需1—2年，於1．5年收穫時，則76年4月份（S_2）種植者，至77年10月份始可採收，採收後其分蘖苗恰可供爲秋植種苗。反之，秋植收穫之分蘖苗，供作春植種苗。因之，本省山葵種植時期雖春、秋兩季均可行，惟春季兩品種應選於1—4月份種植較佳，秋季臺農1號應選10月份種植較優。

六、綜合栽培技術改良試驗：

表8. 綜合栽培技術改良試驗內容

Tabl 8. Contents of integrated cutural practice.

項目	作業內容	備考
整地	深耕30公分、平臺階段、土壤消毒、施石灰每公頃1,500公斤，施用甘雨特肥爲基肥，每公頃10,000公斤。	種植前二個月進行，土壤消毒劑採用85%邁隆可濕性粉劑400倍噴佈二次（試驗田爲連作地）
種植	選苗、種苗消毒，行株距25×25公分，秋季十月份種植。	種苗消毒劑採用億力可濕性粉劑1,000倍浸漬二小時以上
遮蔭	遮蔭樹適度間伐及打枝，以調整遮蔭率至70%，無遮蔭樹部份小區架設70%遮蔭網。	
噴灑澆水	利用自然落差之壓力架設塑膠水管，夏季時適時噴灑澆水。	
中耕、除草及肥培	種植後二個月配合施肥進行中耕除草，施肥時期及施肥量（臺肥複合肥料一號）如下：第一次一月份，第二次三月份，第三次九月份，第四次十一月份，每次施用量爲225公斤／公頃（全量即N 180，P_2O_5 45，K_2O 90 kg／ha）。	
病蟲害防治	五月份噴佈除蟲菊乳劑3%600倍一次，以防治紋白蝶幼蟲爲害。白銹病及露菌病則於三月初與四刖初用58%鋅錳滅達樂400倍防治。	山葵蟲害經調查以紋白蝶爲主
收穫	種植後十八個月採收，詳細調查其產量及分析其品質與罹病程度。	

表 9 山葵綜合栽培技術試驗各品種之農藝特性表現

Table 9. Comparisons of agronomic characteristics of wasabi by integrated cultural practice in 1990.

Variety	Plant height (cm)	No. of tiller	Length of main rhizome (cm)	Diameter of main rhizome (cm)	Rhizome weight (g／pl.)	Whole plant wt. (g／pl.)	Petiole yield (kg／ha)	Rhizome yield (kg／ha)	Index (%)
Tainung No. 1	36.4[a]*	12[a]	8.53[a]	1.91[a]	50.9[a]	489.6[a]	46,500[a]	8,100[a]	162.0
Local var.	23.8[b]	8[bc]	8.25[a]	1.89[a]	39.4[b]	207.3[bc]	16,000[b]	6,300[b]	126.0
Local var. (ck)	21.2[c]	5[c]	8.22[a]	1.84[a]	31.6[b]	122.4[c]	8,800[b]	5,000[b]	100.0

＊：表中同列中英文字母相同者，顯示 L. S. D. 分析，差異未達5%顯著水準。
ck：係以本地種行慣行栽培爲對照。
＊：Means followed by the same letter within colum are not significantly different at 5% level by Least Significant Difference Test.
ck：The ck plot adopted the traditional cultural practice for Local variety.

綜合栽培技術之操作項目如表8，供試材料爲臺農1號及本地種等二品種，並以本地種行慣行栽培區爲對照，即不施用石灰、未設平臺階段及行土壤消毒，基肥施新鮮雞糞1,000kg／ha，追肥施用台肥複合1號900kg／ha，行株距採20×20cm。於77年10月7日種植，植後18個月調查，試驗結果如表9，發現採綜合栽培技術區之各品種葉柄及根莖產量，均比行慣行栽培（CK）區高。以臺農1號表現而言，其公頃平均葉柄產量爲46,500公斤（市價15元／公斤），根莖產量爲8,100公斤（市價300元／公斤），則每公頃粗收益可達3,132,500元，而本地種其葉柄纖維含量較高，且稍帶苦澀味無法利用，因此其公頃平均收益較低，分別僅爲1,890,000元（綜合栽培技術區）與1,500,000元（對照區），可見新品種在採用綜合栽培技術管理下，可表現其最佳生長潛力增產62.0%，而本地種似較有限。

七、抗病程度及病害發生調查：

表 10. 山葵各品種之罹病度調查

Table 10. Disease severity of wasabi varieties caused by *Albugo wasabiae, Phoma wasabiae* and *Meloidogyne javanica* in different growing time.

Variety	Disease severity (%) after planting days									
	90		160		230		540			
	White rust (%)	Leaf black spot (%)	White rust (%)	Leaf black spot (%)	White rust (%)	Leaf black spot (%)	White rust (%)	Leaf black spot (%)	Rhizome streak disease (%)	Root knot disease (%)
Tainung No. 1	733[b]	8.00[b]	22.40[b]	17.10[b]	6.53[a]	20.77[b]	—	13.7[b]	37.2[b]	6.5[a]
Local var.	22.57[a]	29.27[a]	30.50[a]	44.25[a]	10.53[a]	61.10[a]	—	51.2[a]	62.0[a]	10.7[a]

*：White rust, Root knot disease and Leaf black spot or Rhizome sterak disease of wasabi were caused by *Albugo wasabiae, Meloidogyne javanica* and *Phoma wasabiae,*respectively.

*：表中同列中英文字母相同者，顯示 L.S.D. 分析，差異未達5%顯著水準。

*：Means follwed by the same letter within colum are not significantly different at 50% level by Least Significant Difference Test.

山葵主要的病害有白銹病（White rust），根瘤線蟲病(Root knot disease) 及黑心病（Leaf black spot）等，黑心病發生於葉部者謂 Leaf black spot，發生於根莖者 Rhizome streak disease。本報告係利用綜合栽培技術試驗田之材料，分別於種植後90、160、320及540天生育期，在自然環境未施藥劑防治狀況下，調查上述各種病害之罹病度，以確定各品系之抗病程度。調查方法為每品系3種複，每重複調查20株，每株調查4葉。調查時由心葉起每株調查已成熟之葉片（約已展至8cm以上程度）。罹病程度分別為：0級代表無病斑；1級代表1—5個病斑；2級代表6—15個病斑；3級代表16—30個病斑；4級代表31—50個病斑；5級代表51個以上病斑。

$$罹病度（\%）= \frac{級數 \times 該級數罹病葉數}{5 \times 總調查葉數} \times 100$$

根莖黑心病之罹病度調查，每區逢機取10株，切開根莖測量其管束褐化長度，並除以該條根之總長度，以換算出其褐化百分率，維管束褐化之級數為0級代表未發病，1級代表1—10%；2級代表11—25%；3級代表26—40%；4級代表41—60%；5級代表60%等五級之褐化率，罹病度計算如下：

$$罹病度（\%）= \frac{發病級數 \times 株\quad數}{5 \times 總株數} \times 100$$

根瘤病調查，以每區亦取10株，每株調查10條根，罹病度分為0級表示無根瘤；1級代表結1—5個；2級代表結6—10個；3級代表結11—25個；4級代表結26—40個；5級代表結41個以上，罹病指數算法如下：

$$罹病指數（\%）= \frac{級數 \times 根數}{5 \times 總根數} \times 100$$

上述各調查方法係依據一般病害發生調查方法（5.8.9）加以修正所得之値加以平均。調查結果如表10，發現臺農1號初期生育，白銹病（*Albugo wasabia*）罹病度均比本地種低，其抗病力之呈現達顯著差異，於160天生育期雖罹病度增高，但抗病力猶比本地種強。230天生育期由於溫度升高，白銹病發生率甚低，故得二品種之罹病度無顯著差異，此亦可說明在溫度較低之氣候下，病較易發生。葉黑心病（*Phoma wasabiae*）罹病度調查，臺農1號顯示抗病力較強，而本地種其罹病度在三生育期均達29%以上，540天收穫調查時未發現白銹病發生，經查乃因農民噴施58%鋅錳滅達樂400倍防治之結果，可見此病用此藥劑防治有控制效果。葉黑心病調查，發現臺臺農1號罹病度13.7%最低，本地種則高達51.2%。根莖黑心病（*Phoma wasabiae*）之罹病度，臺農1號37.2%，但本地種卻高達

62%，因此新品種對此病之抗力均較本地種強。根瘤病（*Meloidogyne javanica*）調查，二品種間之罹病指數比較均無顯著差異，由於罹病指數低尙不致影響山葵生長及根莖品質，但於整地時仍須噴藥或行土壤消毒以減少此病之發生。至於露菌病調查，因其常在白銹病發生後再感染，即有白銹病發生後才可見露菌病，因此單以白銹病之罹病度推斷，臺農1號對露菌病顯然亦比本地種較抗，惟實際接種如何，尙有待進一步做單一接種比較。至於兩者防治法，噴施同樣藥劑亦可收防治效果。

八、品質特性

A.鮮食官能測定：

本項測定於民國78年10月19日舉行，測試材料爲臺農1號、70－Ｉ－1及本地種等三品種（系），生長期間爲1年3個月根莖，以本地種爲對照，測試項目包括根莖外觀，山葵糊之香味、甜味、辛味、色澤及粘度等。

測試方法：根莖外觀評鑑其外形及色澤，其評鑑標準爲(1)外形以均匀細長、表皮無病斑，但有極少數汚斑，色澤爲青綠色者爲（＋2）；(2) 外表均匀細長、表皮略有病斑及汚斑，色澤青綠色者爲（＋1）；(3)與對照種外形、色澤一致者爲(0)；比對照種之外形與色澤均稍差者爲（－1）；外形粗短、色澤差且有較多汚斑、病斑者爲（－2）。香味測試等級（Rank）分爲(1) 很香（＋2）；(2) 香（＋1）；(3) 微香（0）；(4) 不香（－1）；(5) 有異味（－2）。甜味分爲 (1) 很甜（＋2）；(2) 甜（＋1）；(3) 稍甜（0）；(4) 不甜（－1）；(5) 苦澀（－2）。辛味分爲 (1) 極辣（＋2）；(2) 辣（＋1）；(3) 稍辣（0）；(4) 淡辣（－1）；(5) 不辣（－2）。外觀至辛味之各項測試標準乃仿效日本靜岡農試場山葵分場標準，山葵糊材料均取根莖最上部生長點下2－4公分處，利用薑器細磨並用刀肩細碎後置於碗內，上加保鮮膜覆蓋，隨即放入冰箱內存放10－20分鐘，以促進微醱酵及糖化。行測試時先作測試者逢機篩選，依年齡分51－60歲以上者5名；41－50歲者5名；31－40歲者5名；21－30者5名等4組，每組各選1名女性參與。測試樣品爲三品種（系），3重複，各編號逢機排列，每測試項目均以本地種爲對照種作爲（0），加以比較評鑑給分，所得結果採用非介量分析之符號檢定法統計[10]，測定參試品種之差異顯著性。此檢定法係比較每兩種樣品間相對應之兩變值，如二值相等，則爲0之符號，如兩者有異，符號易偏向於正（＋）或負（－）。因此由符號數目之差所測知母族群間之差異程度，如兩品種間無差異存在，則＋與－之數目應大略相等。計算公式爲 $Zc=(|\text{正號個數}-\text{負號個數}|-1)\sqrt{\text{兩者有異個數}}$，當 $Ec \geqq 1.96$，表示兩品種間之差異達5%顯著水準。

B.其他品質特性測定：

其他品質特性測定項目包括色澤及粘度，色澤測定採用TC－6FX， Tokyo Denshoku 牌色差計測定，每品種取15個樣品，分別測定 L （黑白對比），a （紅綠對比）及 b 值（黃藍對比），所得之值以 L.S.D. 分析。粘度測定採用 Tokyo keike 廠牌之粘度計（Viscometer）測定，每品種三重複，每樣品取 50g 並加3.5倍蒸餾水，經果汁機打碎2分鐘後，將感應棒置入樣品內測試3分鐘，粘度計採2號指針，轉速爲60 rpm 所得之值×5即得該樣品粘度值，統計分析法同色澤測定，上述各各項測試結果如表11及表12。

表11. 山葵品種間之香味、甜味、辛味及外觀比較

Table 11. Comparisons of odor,sweet taste,piquancy and morphograph of rhizome flesh in different wasabi varieties.

Variety	Odor	Sweet taste	Piquancy	Morphograph
Tainung No.	0.93[a]	0.63[a]	0.96[a]	1.50[a]
70—I—1	0.38[a]	0.08[a]	0.13[b]	0.31[b]
Locl var.(ck)	0[b]	0[b]	0[b]	0[b]

*：表中同列之英文字母相同者，係採用符號檢定分析未達5%顯著水準。
*：Means followed by the same letter within colum are not significantly different at 5% level by Practical Nonparametic Statistics Test.

表11中數據係由20個判斷者給分之平均數值，a,b,c 是由兩兩品種（系）間比較，經測試結果發現在香味上，臺農1號70—I—1品系均比本地種好，但臺農1號有較香之趨勢。甜味與辛味測試，則咸認臺農1號顯示較甜與較強，而70—I—1品系與本地種較弱。外觀評鑑，臺農1號之形色均比其他品種系佳。

表12. 山葵品種間之色澤及粘度比較

Table12. Comparisons of color and centipose of rhizome flesh different wasabi varieties

Variety	Color			Centipoise	Remark
	L	a	b		
Tainung No. 1	63.38[a]	−4.50[a]	18.47[a]	45.5[b]	1. High L value indicates that flesh is closed to white color.
70—I—1	48.56[c]	0.50[c]	11.7[c]	52.5[a]	2. High a value indicates that flesh is closed to red color.
Local var.(ck)	53.50[b]	−1.97[b]	13.22[b]	33.3[b]	3. High b value indicates that flesh is closed to yellow color.

*：表中同列之英文字母相同者，係顯示採用 L.S.D. 分析未達5%顯著水準。
*：Means followed by the same letter within colum are not significantly different at 5% level by Least Significant Difference Test.

另從表12數據探討，發現臺農1號之山葵糊，其 L值（黑白對比）63.38較高，次爲本地種53.5，而70—I—1品係48.56較低。此顯示臺農1號之山葵糊較白，而70—I—1品系則呈暗黑色，本地種介兩者中間。a 值（紅綠對比）測定，三品種（系）均趨於綠色，惟臺農1號顯示比70—I—1品系與本地種綠。b 值（黃藍對比）測定，以臺農1號顯現較黃，本地種與70—I—1品系屬於淺黃。因之，臺農1號之山葵糊品質是屬於鮮黃綠色，70—I—1品系爲暗淡黃綠色，而本地種則屬淡黃綠色。至於粘度測定，則70—I—1品系最高達52.5 centipoise，臺農1號介於中間爲45.5 centipoise，本地種爲33.3 centipoise較低

九、臺農1號品種之優劣點：

1. 優點：較耐高溫、適應性強、生長速度快、分蘗多及株形大，葉柄及根莖產量高，鮮綠又多汁液，抗白銹病及黑心病，爲一良好加工及鮮食兼用品種。
2. 劣點：根莖表皮薄，根節少較平滑，易受肥傷呈黑斑或誘發根莖黑心病。

十、栽培注意事項：

1. 栽培場所選定：年平均溫度在 8—18°C間，夏季溫度不超過23°C，冬季氣溫不低−3°C之北向或東北向 15度坡地栽培。
2. 遮蔭：利用杉樹下種植，應適當打枝與間伐，調整其遮蔭率60—70%爲度。

3. 噴灑設備：水源不充足地區，應輔導噴灑設備，於夏季乾旱時適時噴水灌溉。
4. 平臺階段：初墾地應設築平臺階段，以防土壤流失。
5. 整地：整地時應充分翻耕土壤深達30cm以上，並每公頃施用石灰1,500公斤，種植前一個月噴佈邁隆可濕性粉劑400倍一次或二次，噴佈後充分攪拌土壤，使其藥劑均勻混入土壤，以達消毒作用。
6. 種苗選別：選擇生長旺盛及無病害母株，將生於最上部分蘗苗小心摘下，將葉柄去除留5公分長，並把過長粗根修剪，立即用大生或億力可濕性粉劑1,000倍消毒十小時左右，然後陰乾立即按行株距25×25 m 種植。種植深度約5cm左右，勿將地上部生長點埋入土層以防腐爛。
7. 種植時期：可選春植與秋植，春植宜於4月前種植，秋植則10月前種植。
8. 施肥：基肥以施用醱酵雞糞每公頃10,000公斤爲宜，追肥則選用複合肥料1號（20：5：10）於春季分二次，秋季分二次施用較佳，每次施用量爲225 kg／ha 施肥時勿太靠近根際，以防傷及根莖而引起病害發生。
9. 病蟲害防治：山葵主要病害有白銹病、露菌病及黑心病等，前述二種病害均發生於葉部，於3月間利用動力噴霧器噴佈 58% 鋅錳劑滅達樂可濕性粉400即可防治。黑心病在地上部及地下部根莖均可感染，杜絕此病害發生應行土壤及種苗消毒。土壤消毒方法，乃於粗整地時噴85%邁隆可濕性粉劑400一次（休耕期間進行），然後於種植前15天配合細整地再噴施一次，噴佈後爲期藥劑滲入土壤，應使用鋤頭充分攪拌並稍爲覆蓋，以達消毒效果。臺灣山葵蟲害以紋白蝶爲主，但爲害輕微，可用除蟲菊3%乳劑600倍於五月間噴佈防治。

參考文獻：

1. 邱年永 1974。藥用植物栽培法. 大學圖書出版社印行 pp.94—97。
2. 胡敏夫、劉新裕 1986。不同環境對山葵生長與產量之影響，中華農業研究35 ： 292—299
3. 胡敏夫 1989。研習日本山葵栽培管理及加工產銷報告。
4. 廖敏卿 1973。訪阿里山陳燡焜談山葵栽培經驗.豐年叢書 pp. 191—194.
5. 羅朝村 1983。蘿蔔黃葉病之生理、生態研究及防治試驗.國立中興大學病理研究所第十三屆碩士論文 pp.102.
6. 足立昭三 1987。ワサビ 栽培.東京秀潤社. P.1—196
7. 槇木國臣、上野良一。ワサビ。東京農山漁村文化協會. P.111—122.
8. Hildebrand, P. D., and J. C. Sutton. 1982 Weather variables in relation to an epidimic of onion downy mildew phytopathlogy.72：219—224.
9. Winstead, N.N.,and R.D. Riggs. 1963. Reaction of watermelon varieties to root—knot nematode *Meloidgyne hopla* on field—grown cucumber in Manitoba. Can. Plant Dis.Surv. 48：154.
10. Comover.W.j.II 1980. Practical Nonparametic Statstics. John Wiley & Sons, New York. 2nd.pp.122—130.

Development of wasabi variety Tainung No.1[1]

M.F.Hu[2], S.M.Chiu[2], C.T.Lo[3] and, S.Y.Liu[2], C.C.Tu.[4]

Summary

Wasabi (*wasabia japonica* Matsum) variety, Tainung No.1, was develped at Ali–san, Chiayi, by the Taiwan Agricultural Rsearch Institute. It was a selection from a population of 500,000 since 1984 and was released to growers in May 1990 as specialty culutivar having a number of characteristics. It was oustanding in varietal observations and tests, including comparative test, regional test, integrated cultural practice,disease screening and quality analysis.

Plants of Tainung No.1 are tall,growing fast,and superior in tillering capability both in above–ground and rhizome. Its petiole is green in color and taste sweet and juicy. It was observed resistant to white rust, leaf black spot, and rhizome streak disease. Tainung No. 1 was also widely adapted to various growth conditions,from low to moderate temperature regions and from sea level to 1200–2300 m height forests. Yields of petiole and rhizome reached 57,900 kg/ha and 21,000kg/ha in regional test , respectively. It can be used for food and processing.

Key Words : Wasabi, Signigrin, *peronospora alliariae wasabiae, Albugo wasabiae, phoma wasabiae,* Practial Nonparametic Statistics Test.

1. Contribution No. 1547 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI).
2. Asistant agronomist,agronomist,senior agronomist, Department of Agronomy, TARI.
3. Asistant pathologist,Department of Pathology,TARI.
4. Director,TARI,189 Chung–cheng road, wu–feng 41301 Taching,Taiwan(ROC).

中華農業研究（Jour. Agri. Res. China）40(1)：28～36（1991）

三島柴胡臺農1號之適應能力及其有效利用部位之開發研究[1]

劉新裕　王昭月　李肇昌　李春越[2]

摘要：本研究以三島柴胡臺農1號爲材料，探討其在不同溫度環境及不同海拔地區之農藝性狀表現及根部之生產能力，同時比較不同採收時期下植株各部位之產量及有效成分差異，藉以開發除了根部外，其他植株部位之利用價值。

試驗結果顯示，三島柴胡臺農1號利用塑膠杯式之生產方式不如田間定植栽培，且於植物生長箱兩種定溫環境下之生長效果不如自然田間環境。在不同海拔之影響方面，以中海拔之羅娜區植株性狀之表現最好，而根產量則與春陽相當，兩者同時顯著高於其他二區，羅娜區根之公頃產量依次爲高海拔梅峰區及平地本所試區之1.11及1.31倍，差異達顯著水準。在不同採收時期之影響方面，以一年生植株之性狀表現及根產量最佳，六月生植株之收量雖只達一年生者之80%，但其根內有效成分卻較一年生根爲高，達14%，這是將來擴大生產三島柴胡臺農1號，其最適採收期的決定因素之一。綜合比較本所、羅娜及生長箱三處試區臺農1號六月生植株之地上部與地下部之收量及有效成分含量差異可知，植株莖、葉及花序之平均收量約爲其地下根部之8.76倍，且其有效成分平均含量亦爲地下根部之4.06倍，此無疑地將加大三島柴胡臺農1號全株之利用空間。

關鍵詞：三島柴胡臺農1號、適應能力、有效成分、產量

柴胡之生藥及製劑在我國傳統醫藥中係屬於評價極高之體質改善及肝炎治療珍貴藥材[1,13,14]，本省素來之需要量極大，近年來由於急慢性肝病之猖獗，對柴胡量與質雙方面之要求將更爲殷切。由本所歷經多年努力所育成之三島柴胡臺農1號 (*Bupleurum falcatum* L. cv. Tainung No. 1)，正適時地符合上述二項要求，其平均乾根公頃產量高出原種三島柴胡 (*B. falcatum* L.) 約27.7%，在根內有效成分方面，亦爲三島柴胡之1.12倍[12]。

根據本所過去之試驗結果可知，臺農1號之適應能力較原種增大不少，可從2,000多公尺之山坡地以至於較高溫之平地，都能茂盛生長，但仍以中海拔之春陽地區（1,200m）之產量較高[11]；其採收適期端視地區而異，或爲定植本田後12個月，或爲24個月[11]；其根內 saponin 平均含量約爲2.75%，變域在1.05%到7.43%之間。其他有關柴胡育種、栽培及生理文獻，在國內者多出自本所[6,9,10,11,12]，在國外則多來自日本[15,16,17,18,19,20]或我國大陸地區[17]，現在由於柴胡之重要性日受重視，所以除了本所外，已有國內其他研究機關及醫藥學院正相繼進行相關研究[2,3,4,5,7,8]。

本研究之主要目的在擴大探討三島柴胡臺農1號在不同栽培方式、不同定溫環境及不同海拔地區之適應能力，同時比較不同採收時期植株各部位之收量及有效成分之差異，藉以確定臺農1號較適宜之栽培方式、生產地區及採收時期，並評估除了根部外，其他植株部位之利用可行性，供新品種擴大生產之參考。

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第1548號。本研究承蒙行政院國家科學委員會之經費補助，計畫編號 NSC－78－0409－B055－14，謹此致謝。
2. 本所農藝系研究員、助理、約僱助理、約僱助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

材料與方法

一、試驗材料：

三島柴胡臺農1號之種苗，苗齡為育苗發芽後80天，育苗及試驗進行期間為77及78年度。

二、試驗方法：

不同栽培方式與不同溫度環境對三島柴胡臺農1號性狀及根產量之影響：將育苗發芽後約80天之小苗，分別移植於長型及短型黑色塑膠杯中，長型塑膠杯之長度為40cm，徑寬約12cm，短型者長度僅6cm，徑寬約9cm。栽培基質為泥炭土、細砂與田土，混合比例為1：1：1。移植後放置溫室中，使經歷約20天之健化期。不同栽培方式包括長型塑膠杯及田間直接定植栽培二種，而不同溫度環境處理則包括植物生長箱高溫區及低溫區，其日夜溫度各為30／25°C及18／13°C，日照時數為12小時，光照強度為27μE M^{-2} Sec^{-1}，相對濕度為80%，以及溫室與本所農場共四區，前三區利用長型塑膠杯苗，農場區則由短型塑膠杯之種苗移植於本田而成，定植之行株距為30×30cm，定植日期為77年10月5日，整地作畦時混施甘雨特基肥，以每0.1ha 1,000kg量施用。生長箱及溫室共三區之種苗數各為100株，田間株數則為200株。試驗進行期間每30天施追肥一次，追肥種類及用量為臺肥5號，每株以10g量施用。並視需要進行病蟲害防治。三個月後隨機取樣20株，重複三次，進行下列各項之調查：株高、全株重、分蘗數、莖徑、葉長、葉寬、根長、根徑及根重。

不同海拔地區對三島柴胡臺農1號性狀及產量之影響：種苗之準備悉如前項，惟全部為短型塑膠杯苗。不同海拔地區包括平地之本所農場（85m）、信義鄉羅娜本所工作站（800m）、仁愛鄉臺大春陽農場（1,200m）及臺大梅峰農場（2,200m）共四處。每處種苗數各為400株，田間定植行株距為30×30cm，3行植，小區面積12㎡，三重複。施肥方式、病蟲害防治及調查項目與方式亦如前項所述。試驗進行同時調查並比較四個海拔試區之溫度及土質差異。

不同採收時期對三島柴胡臺農1號性狀及產量之影響：本項試驗合併於羅娜區不同海拔試驗中進行，採用三種採收期，即三個月、六個月及一年生者。取樣調查方式亦如前述，惟進一步比較各時期採收根部之細部結構以及分析其內之有效成分含量。

三島柴胡臺農1號植株各部位收量與有效成分含量之比較：本項比較係利用生長箱低溫區、本所農場及羅娜區六月生植株之葉、莖枝、花序及根四部位，調查其鮮重，比較鮮重佔全株重之比率及分析三區混合材料之有效成分含量而成。

柴胡屬植物乾根之有效成分含量比較：本項分析所用之四種柴胡屬植物根之來源如下：螢柴胡及北柴胡係購自臺中市陽德藥局，三島柴胡及三島柴胡臺農1號係取自本所農場之一年生乾燥根，高氏柴胡則因材料有限，無法進行 saponin 之分析比較。

柴胡之有效成分（saponin）分析：進行 saponin 含量測定時，隨機取樣柴胡乾根粉末5g，三重複，分析方法如下：樣品先以甲醇（methanol）回流萃取及減壓濃縮後，利用正丁醇（n－butyl alcohol）與水進行兩相溶劑萃取，之後回收丁醇，其殘留物再經乙醚（ether）回流，乙醚之不溶物即為 saponin [15]。

上述各項試驗資料於調查後，即進行變方分析並比較差異之顯著性。

結果與討論

一、不同栽培方式與不同溫度環境對三島柴胡臺農1號性狀及根產量之影響：

三島柴胡臺農1號之親本源自日本之三島柴胡，本性原較喜愛冷涼地區，惟經本所多年馴化與選種後，適應能力逐漸強化，種子千粒重及其發芽率顯著提高[12]，在較高溫之平地栽培時，植株之生長亦相當旺盛。為進一步探討臺農1號在定溫環境下之生長情形，將100天苗齡之柴胡幼苗分別栽培於

高及低溫植物生長箱中，其日／夜溫度各爲30／25°C及18／13°C，以及溫室與本所農場，除了後者爲田間種植外，其他三者皆以徑寬12cm、長度40cm之長型塑膠杯種植。比較定植三個月後生長於塑膠杯中及定植於田間之臺農1號植株之生育性狀及單株產量之結果列於表1，植物生長箱中高溫區植株之表現一般較優於低溫區者，惟其缺株率高達21%，依次爲低溫區及溫室區之2.6及7.0倍，可能因爲水分蒸發過速未及時補充或不耐白天30°C之高溫所致。。溫室區植株除了葉長顯著低於生長箱植株外，其他性狀及單株產量之表現一般皆優於生長箱者。田間栽培之臺農1號植株除了株高不如溫室者、葉長不如高溫區及根長不如溫室及高溫區外，其他五項性狀如全株重、分蘗數、莖徑、葉寬及根徑都優於以塑膠杯栽培之植株，其單株產量6.07g更顯著高於其他三者。綜合表1之結果可知，塑膠杯式之結果不如田間栽培，塑膠杯式之栽培方法限制了臺農1號之分蘗數、莖徑、根徑、根重及全株重之發展，惟株高及根長不受影響，二生長箱及溫室之株型較屬細長型；生長箱之溫度及光量等環境因子不同於田間環境，本試驗之兩種生長箱環境較不利於臺農1號大部分性狀及其單株產量之發展，且低溫區之結果又不如高溫區者。

表1. 不同溫度之栽培環境對三島柴胡臺農1號三月生植株性狀及根產量之影響

Table 1. Growth characteristics of *B. falcatum* L. cv. Tainung No. 1 after three months of cultivation under different temperature conditions

Treatment	Whole plant			Stem	Leaf		Root		
	Height (cm)	Weight (g.fr.w)	Tiller (number)	Diameter (mm)	Length (cm)	Width (cm)	Length (cm)	Diameter (mm)	Weight. (g.fr.w)
Growth chamber									
30／25°C	47.8^{b}*	4.18^{c}	1.1^{b}	3.90^{b}	19.6^{a}	1.35^{b}	25.5^{b}	4.53^{b}	1.25^{c}
18／13°C	32.1^{c}	3.77^{c}	1.0^{b}	4.15^{b}	15.4^{c}	1.55^{b}	13.8^{d}	4.50^{b}	0.59^{d}
Green house	55.3^{a}	6.46^{b}	1.0^{b}	3.91^{b}	13.6^{d}	1.45^{b}	40.3^{a}	4.55^{b}	1.58^{b}
Field (TARI)	42.4^{b}	29.37^{a}	1.9^{a}	5.37^{a}	16.8^{b}	1.68^{a}	18.8^{c}	6.93^{a}	6.07^{a}

* Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by LSD test.

二、不同海拔地區對三島柴胡臺農1號性狀及產量之影響：

同樣苗齡之臺農1號幼苗，經田間定植於四處不同海拔地區一年後，在植株性狀及產量表現上已顯現不少差異性。四處不同海拔田間栽培地點之生長環境殊異，就海拔高度而言，梅峰爲高海拔地區，達2,200m，春陽及羅娜屬中海拔地區，高度依次爲1,200m 及800m，臺中本所地處平地，海拔爲85m；就年平均溫度而言，梅峰爲13.2°C，約低於春陽、羅娜及臺中本所各約6°C、7°C及10°C；就土壤質地而言，梅峰及春陽兩地同屬砂礫地，其中以梅峰土質較爲黏重，羅娜土質爲砂質壤土，本所則爲壤土。

由表2資料可知，一年生臺農1號之株高以羅娜區之94.7cm最高，明顯高於其他地區，臺中平地之株高與春陽者相當，前三者都顯著高於梅峰。在全株重方面，亦以羅娜區之91.97g最重，顯著高於其他海拔，春陽與梅峰二區次之，平地者最輕。比較四地區柴胡植株之分蘗數，以較高溫之平地及羅娜二地較多，明顯高於較低溫之其他二地。在莖徑方面，則以中海拔之羅娜及春陽二區較爲粗大，梅峰次之，而以平地的較爲細小。比較四區柴胡之根長，亦以羅娜區之24.9cm最長，其他三區根長間之差異不顯著。在根徑方面，則以春陽區臺農1號之13.27mm表現最好，明顯高於其他地區，其他三區根徑間之差異則不顯著。在根重方面，亦以春陽區之臺農1號表現最優，鮮根重達17.52g，羅娜區次之，兩者間差異不顯著，但都明顯高於梅峰及本所二區。在估算公頃產量方面，以春陽之1,940kg

／ha居首，羅娜之1,880kg／ha居次，二者間之差異不顯著，羅娜區根之產量依次各爲梅峰及本所之1.11及1.31倍，公頃產量間之差異達顯著水準。

表2. 不同海拔地區對三島柴胡臺農1號一年生植株性狀及根產量之影響

Table 2. Growth characteristics and yield in fresh weight of *B. falcatum* L. cv. Tainung No. 1 after one year of cultivation at four different elevations

Location	Elevation (m)	Whole plant			Stem	Root		Fresh root Yield	
		Height (cm)	Weight (g.fr.w)	Tiller (number)	Diameter (mm)	Length (cm)	Diameter (mm)	(g/plant)	(kg/ha)
TARI (Taichung) (臺中本所)	85	88.3^{b*}	83.64^{c}	3.1^{a}	4.47^{c}	18.4^{b}	11.01^{b}	12.93^{c}	$1,430^{c}$
Lo－Na Station (羅娜)	800	94.7^{a}	91.97^{a}	3.3^{a}	5.73^{a}	24.9^{a}	11.35^{b}	16.95^{a}	$1,880^{a}$
Tsun－Yang (春陽)	1,200	88.9^{b}	89.70^{b}	2.7^{b}	5.72^{a}	17.9^{b}	13.27^{a}	17.52^{a}	$1,940^{a}$
Mei－Fung (梅峰)	2,200	81.1^{c}	86.95^{b}	2.6^{b}	4.55^{b}	18.6^{b}	11.64^{b}	15.27^{b}	$1,690^{b}$

* Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5 % level by LSD test

綜合比較四處不同海拔地區對臺農1號柴胡性狀及單株產量之影響可知，除了根徑外，所有其他植株性狀表現及根產量都以羅娜地區最爲優異，其次者應爲海拔稍高之春陽，海拔最高之梅峰又次之，臺中本所之柴胡表現雖然較差，但其理論公頃鮮根產量亦可達1,430kg／ha。

三、不同採收時期對三島柴胡臺農 1號性狀、產量及品質之影響：

比較羅娜地區三個生長時期臺農1號植株之性狀及根產量之結果列於表3，一年生臺農1號植株在株高、全株重、分蘖數、莖徑、葉長、葉寬、根長及根徑等八項性狀及根產量上都較半年生及三個月生植株爲優，差異達顯著水準。六個月生植株除了根長顯著低於三月生及分蘖數稍低於三月生外，其他性狀及根產量都較三個月生植株表現優異，根長較小或爲調查時之誤差所致。就全株重及根重兩性狀而言，六個月生植株分別爲一年生植株之96%及80%，而三個月生植株則僅爲51%及54%，以前者之差距較小。

表3. 不同採收時期對羅娜區三島柴胡臺農1號性狀及根產量之影響

Table 3. Influence of harvesting dates on the growth characteristics of *B. falcatum* L. cv. Tainung No. 1 cultivated at Lo－Na location

Culture duration (month)	Whole plant			Stem	Leaf		Root		
	Height (cm)	Weight (g.fr.w)	Tiller (number)	Diameter (mm)	Length (cm)	Width (cm)	Length (cm)	Diameter (mm)	Weight. (g.fr.w)
3	51.3^{c*}	48.2^{c}	2.8^{b}	5.18^{c}	10.40^{c}	1.28^{c}	20.8^{b}	9.83^{c}	9.10^{c}
6	91.2^{b}	90.3^{b}	2.7^{b}	6.48^{b}	13.23^{b}	1.61^{b}	20.1^{c}	10.47^{b}	13.53^{b}
12	96.5^{a}	93.8^{a}	3.3^{a}	7.71^{a}	19.03^{a}	2.32^{a}	24.6^{a}	12.81^{a}	16.87^{a}

* Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by LSD test

羅娜區不同生長時期之三島柴胡臺農1號根之生長及其有效成分 saponin 含量之差異比較列於表4。就根之形態而言，三月生植株根之發育以側（支）根爲主，佔全根重之49.44%，其次爲鬚根之30.08%，主根（含蘆頭）僅爲20.48%，三者間差異明顯；六月生植株之根亦以支根爲主，佔48.41%

，其次則爲主根之32.61%，鬚根反而僅佔18.98%，其間差異亦達顯著水準；一年生支根比重雖略降但亦達48.09%，主根則增加到35.34%，鬚根僅爲16.57%，三者之差異顯著。就根各部位有效成分 saponin 含量而言，三月生植株以支根之2.16%最高，其次爲鬚根之1.01%，主根僅含0.93%，三者間之差異明顯；六月生植株各類根內 saponin 增高不少，但三種根中反以鬚根之3.45%最高，支根之2.83%居次，主根只有1.89%，其間之差異顯著；一年生植株之支根與鬚根 saponin 含量已無差異，但二者都顯著高於主根之1.68%。綜合比較臺農1號全年根之發育可知，支根之比重都在48%以上，應爲根之主體，主根部分將隨生育期而增重，鬚根則隨生育期而逐漸降低比重；比較三個時期根內 saponin 含量，以六月生之2.64%居先，一年生根之2,32%居次，而以三月生之1.56%最低。

表4. 不同採收時期對羅娜區三島柴胡臺農1號根之生長及有效成分之影響

Table 4. Effect of harvesting dates on the partition of fresh weight (% of total) and saponin concentration (%) in different root parts of *B. falcatum* L. cv. Tainung No.1 at Lo－Na station

Root prat	3 months		6 months		12 months	
	fr. wt.	saponin	fr. wt.	saponin	fr. wt.	saponin
Main root	20.48[c]*	0.93[c]	32.61[b]	1.89[c]	35.34[b]	1.68[b]
Lateral root	49.44[a]	2.16[a]	48.41[a]	2.83[b]	48.09[a]	2.76[a]
Rootlet	30.08[b]	1.01[b]	18.98[c]	3.45[a]	16.57[c]	2.74[a]
Whole root	100.00	1.56	100.00	2.64	100.00	2.32

* Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by LSD test

就羅娜區三個不同採收時期根之產量（表3）及根之有效成分 saponin 含量（表4）綜合比較可知，三月生臺農1號根之產量與有效成分偏低，應無採收價值，六月生植株根之產量雖仍低於一年生者，但其 saponin 含量則高於後者，而一年生根以兩倍於六月生之生長時間，其根之產量與有效成分之產量於扣除多出之時間後，似乎不若六月生植株優異，這是將來三島柴胡臺農1號在擴大生產栽培時，決定其最適採收時期的重要參考資料之一。

四、三島柴胡臺農1號植株各部位收量與有效成分含量之比較：

三島柴胡臺農1號植株四部位，即葉、莖枝、繖形花序及根之鮮重及其所佔全株重之比率，深受栽培環境之影響。由表5結果可知，就葉部而言，生長箱中低溫區之葉重（5.49g）明顯低於臺中本所及羅娜二區者，但其葉佔全株之比重（27.59%）卻遠大於此二區者；就莖及枝部而言，羅娜區植株之莖枝重（47.78g）顯著高於生長箱及臺中本所，惟其莖枝比重（50.31%）卻與後二區者相當，差異不顯著；就繖形花序而言，亦以羅娜區之花序重（26.60g）最大，其次爲臺中本所的，生長箱低溫環境之花序重只爲2.89g，三者間差異顯著，低溫區之花序比重（14.52%）遠較臺中及羅娜二區爲低，後二者之花序比重差異則不顯著；就根部而言，以羅娜區之表現最優，其次爲臺中本所，生長箱之根只爲1.29g，三者間之差異達顯著水準，根之比重在臺中及羅娜二地間無差異現象，但二者明顯大於生長箱的；比較三個不同栽培地點六月生臺農1號植株地上部與地下部之比率可知，生長箱低溫區以14.43明顯大於臺中本所之5.90及羅娜區之5.96，三處地點地上部重平均約爲地下部之8.76倍，若地上部位亦含有效成分時，則柴胡之價值將會因地上部之被開發利用而益形增加。

表5. 不同栽培地點六月生三島柴胡臺農1號植株各部位之鮮重與比率

Table 5. Fresh weight (g／plant) and partition of fresh weight (% of total) among plant parts of B. falcatum L. cv. Tainung No. 1 after six months of cultivation at three different locations

Plant part	Locations of experiment					
	Growth chamber*		Field (TARI)		Lo－Na	
Leaf	5.49[c]	(27.59[c])**	6.01[b]	(7.40[b])	0.95[a]	(7.32[b])
Stem and branch	10.23[c]	(51.41[a])	41.05[b]	(50.53[a])	47.78[a]	(50.31[a])
Compound umbel	2.89[c]	(14.52[b])	22.40[b]	(27.57[a])	26.60[a]	(28.01[a])
Root	1.29[c]	(6.48[b])	11.78[b]	(14.50[a])	13.65[a]	(14.37[a])
Whole plant	19.90	(100.00)	81.24	(100.00)	88.98	(100.00)
Ratio of aboveground to under ground tissue	14.43[a]		5.90[b]		5.96[b]	

* Day／night temperatures were 18／13℃

** Means with the same letter within each row are not significantly different at 5 % level by LSD test.

比較六月生三島柴胡臺農1號植株各部位有效成分含量之差異結果列於表6，由表中結果可知，繖形花序以內含 saponin 5.11%居四部位之冠，其次爲葉之4.95%，此二部位間之差異不顯著，根之含量（2.79%）則顯著低於前二者，但亦明顯高於莖枝部之1.28%。六月生臺農1號植株地上部之平均有效成分含量爲3.78%，而地上部之總含量恰爲地下根部含量之4.06倍，此項結果無疑地將使葉、莖枝或花序之開發利用成爲可能，並能擴增臺農1號全株之利用空間，及提高農友栽培柴胡之興趣與收益。

表6. 三島柴胡臺農1號6月生植株各部位有效成分之含量比較

Table 6. Average saponin concentrations (%) in the different plant parts of *B. falcatum* L. cv. Tainung No. 1 after six months of cultivation at three locations*

Plant part	Saponin (%)
Leaf	4.95[a]**
Stem and branch	1.28[c]
Compound umbel	5.11[a]
Root	2.79[b]

* Three locations were the same as in Table 5

** Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5 % level by LSD test

五、柴胡屬植物乾根有效成分含量之比較：

柴胡屬植物共有100種以上，市面上較常見的爲螢柴胡、北柴胡及三島柴胡，而以後者之品質較優[12·13·14]。由表7結果可知，經本所育成之三島柴胡臺農1號根內有效成分含量則更爲優異，其saponin 含量高達2.42%，顯著優於三島柴胡之2.17%、北柴胡之1.85%及螢柴胡之1.18%，後二者

分析材料係購自臺中市陽德藥局。本省自產唯一柴胡品種高氏柴胡（*B. kaoi*）經引入本所後，現正進行性狀觀察中，因柴胡爲我國傳統醫藥中極爲重要的藥用植物，針對臺農1號與高氏柴胡之生長、產量與品質進行深入比較，爲本所特用作物研究室當務急事之一。

表7. 柴胡屬植物乾根 saponin 之含量比較

Table 7. Comparison on the saponin content of dried root among some *Bupleurum* species

Species	Scientific name	Saponin (%)
螢柴胡	*B. longeradiatum* Turcz.	1.18[d]*
北柴胡	*B. chinense* DC.	1.85[c]
三島柴胡	*B. falcatum* L.	2.17[b]
高氏柴胡**	*B. kaoi* Liu chao et Chuang	—
三島柴胡臺農1號	*B. falcatum* L. cv. Tainung No.1	2.42[a]

* Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5 % level by LSD test.

** Newly introduced species.

引用文獻

1. 中藥大辭典。1978。柴胡。昭人出版社。pp. 2816－2825
2. 邱年永。1973。日本柴胡一藥用植物栽培法。學圖書出版社。pp. 204－209
3. 林宏偉、黃雪芬、楊玲玲、顏焜熒、董大成。1986。肝炎中藥小柴胡湯系方劑對肝障礙之保護作用。中華民國第二屆世界中國醫藥學術大會論文摘要。pp. 65－66
4. 林俊清、張建雄、陳貞吟、邱慧芬、陳明豐。1986。臺灣產肝炎治療生藥之資源開發研究。中華民國第二屆世界中國醫藥學術大會論文摘要。pp. 60－61
5. 林俊清、陳明豐、吳重慶、張建雄、陳貞吟。1986。生藥的品質評價研究一臺灣產柴胡與進口柴胡對實驗性肝炎治療之比較。中華民國第二屆世界中國醫藥學術大會論文摘要。pp. 58－59
6. 胡敏夫、黃漢津、劉新裕。1987。不同採收期與儲藏法對柴胡種子發芽之影響。中華農業研究 36:267－275
7. 高木村。1977。我與高氏柴胡一青草集。豐年社。pp. 180－183
8. 許鴻源。1980。柴胡一中藥材之研究。新醫藥出版社。pp. 552－554
9. 黃漢津、劉新裕。1987。柴胡種子發芽勢之改良研究。中華農業研究 36:258－266
10. 黃漢津、胡敏夫、劉新裕。1986。藥用植物種子之形態與發芽研究。中華農業研究 35:449－459
11. 劉新裕。1988。不同海拔地區對三島柴胡生育性狀、產量及有效成分 saponin 含量之影響。中華農業研究 37:396－404
12. 劉新裕、徐原田、胡敏夫、邱善美。1989。三島柴胡臺農1號之育成。中華農業研究 38:326－334
13. 賴榮祥。1984。柴胡。胸脅苦滿與肝炎。臺北醫學院73年5月演講稿。pp. 1－9
14. 賴榮祥。1976。柴胡一原色生藥學。創譯出版社。PP .81－85
15. Otsuka H., S. Kobayashi, and S. Shibata・1977・Studies on the cultivation of *Bupleurum falcatum* L・Shoyakugaku Zasshi 31: 195－197 (in Japanese)
16. Amano A., K. Fujimoto, H. Ohashi, K. Matsunaga, and H. Mizukami・1989・Chromosome number variation in *Bupleurum falcatum* plants regenerated through somatic embryogenesis of callus cultures・Shoyakugaku Zasshi 43: 13－18・(in Japanese)

17. Tanaka T., E. Sakai, M. Mizuno, T. Kawamura, Y. Hisata, K.Okuda, Y. Noro, X. Z. Zheng, and D. Fang · 1988 · Cultivation and saponin contents of Guangxi *Bupleurum* · Shoyakugaku Zasshi 42: 236−239 · (in Japanese)

18. Hayashi K., E. Jin, and S. Niwayama · 1989 · Quantitative assay of Syo− saiko−to and its components for Epstein−Barr viral DNA by slot hybridization · Shoyakugaku Zasshi 43: 169−172 · (in Japanese)

19. Shimokawa Y., N. Ushio, N. Uno, and H. Ohashi · 1980 · Effect of temperature on growth、development and saikosaponin content of one-year old plants · Shoyakugaku Zasshi 34:209−214 · (in Japanese)

20. Shimokawa Y. and H. Ohashi · 1980 · Relation among cultivation years, root growth and saikosaponin content · Shoyakugaku Zasshi 34:235−238 · (in Japanese)

Studies on the Adaptability of *Bupleurum falcatum* L. cv. Tainung No. 1 and Its Officinal Value of Various Plant Parts[1]

S. Y. Liu, J. Y. Wang, J. C. Lee, and T. Y. Lee[2]

Summary

The influence of environmental factors, i.e., temperature and altitude, on the agronomic characters and yield performance of *Bupleurum falcatum* L. cv. Tainung No. 1 were studied. Evaluation was also made on the above-ground organs for their medicinal utilization possibility as compared to the root organ. Experimental results indicated that the root yield of *B. falcatum* cv. Tainung No. 1 cultivated in plastic pots or at fixed temperatures in the growth chamber was lower than that from the field plants. The most favorable altitude for cultivation was about 800 m at Lo-Na as root yield at this location was 1.11 and1.31 times higher than those at Mei-Fung (2,200 m) and TARI (85 m), respectively. Results from comparison of harvesting dates at Lo-Na showed that although root yield of the six month -old plants was 20 % lower than that of the one year-old plants, its saponin production was 14 % higher. The high saponin yield could be used as an important criterion in determining proper harvest stage of the species for economic consideration. Experiment conducted at Lo -Na and TARI and in growth chamber revealed that yields of biomass and saponin of the stems, flowers and leaves of six month-old plants were 8.76 and 4.06 times the values of the roots. The results strongly suggested the possibility of utilizing the above-ground plant parts for medicinal purposes.

Key words : *Bupleurum falcatum* L. cv. Tainung No. 1, Adaptability, Effective component, Yield.

1. Contribution No. 1548 from Taiwan Agricultural Research Institute. The financial of the National Science Council on the project number NSC78-0409- B055-14 is appreciated.
2. Senior agronomist, Assistant, Project Assistant, and Project Assistant, respectively, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan 41301, ROC.

中華農業研究（Jour. Agri. Res. China）40(1)：37～44（1991）

鳳梨台農四號外銷果實採收成熟度之研究[1]

張　　清　　勤[2]

摘要：本試驗以果皮變色多寡分五種不同成熟度，即 (A)果皮綠色上端略帶紫色者(未熟果)，(B)果皮由基部開始1／4綠黃色者，(C)果皮基部2／4綠黃色者，(D)果皮3／4綠黃色者，(E)果皮全部變黃色者。每處理20個分裝2箱，五重覆，分春、夏兩季果實進行試驗，結果顯示，果皮顏色隨貯放日數的增加由綠色轉變成黃色而至深黃色，成熟度愈高轉變速度愈快；而果肉亦因貯存而自白色變爲淡黃色，但不若果皮明顯。風味方面，決定於採收的成熟度，高成熟度風味佳，唯病變發生較快，影響貯藏耐力。至於不同季節生產果實貯藏力以春果較夏果爲強。綜合以上結果，外銷台農四號鳳梨鮮果，適當的採收成熟度，春果以果皮色自下部（果實基部）開始1／2爲綠黃色者（約5分熟）；夏果以1／4～1／2爲綠黃色(約2分至4分熟)。

關鍵詞：臺農四號鳳梨、採收成熟度、外銷、春果、夏果。

臺農四號鳳梨品種，因其果皮顏色鮮黃美觀，肉質細密、纖維細，糖度高、香味濃並具剝食之特殊吃法[1,2,3,4,5]，自民國69年重新推廣後，頗獲生產者的歡迎，也爲栽培的果農帶來一筆可觀的財富，因此栽培面積急速增加。至民國七十六年栽培面積約800公頃，收穫面積約600公頃[5]果實生產除了供應內銷外，大多數銷往日本，尤其春果在日本市場頗受歡迎。根據農林廳調查，民國七十五年，外銷數量2,628公噸，到了民國七十六年已達7,084公噸[4,5]，每公斤產地收購價格爲新台幣18元，外銷情況良好，由此可知。但由於本省台農四號鮮果外銷係採用自由出口方式，出口商多透過果販在產地採購集運[4,5]檢收無一定標準，使得採購之外銷果實成熟度頗不一致，有些果實尙未達成熟階段，風味甚差，有些則顯得過熟，容易招致腐爛，不耐貯運，直接影響果實本身品質，也不利於外銷信譽。雖然本省以往也曾從事外銷鳳梨採收成熟度試驗，均以開英種爲對象[6,7,8]，惟台農四號與開英種兩者果實特性差異甚大，其成熟度標準不適用於台農四號，務須另尋台農四號外銷果實之合理採收成熟度，俾供外銷單位及果農做爲檢收之參考。本試驗即本此主旨以進行之。

材料與方法

本試驗以果皮變色比率分五種不同採收成熟度，即(A)果皮綠色上端略帶紫色者（未熟果），(B)果皮由基部開始1／4綠黃色者，(C)果皮基部開始2／4綠黃色者，(D)果皮基部開始3／4綠黃色者，(E)果皮全部變黃色者（完熟果）。每處理20個果實，分裝2箱，5重覆，計需果實500個。分春（4月），夏（6月）兩季果實進行試驗。供試果實經採收後模擬本省台農四號鳳梨外銷日本之作業方式，裝入紙箱，並置於7～8°C冷藏庫一星期後取出，放於室溫下貯存，每隔2天調查一次，記錄其各種不同成熟度之果實形質變化，以及病果發生情形。

1. 台灣省農業試驗所　研究報告第 1549 號，文稿承本系徐信次主任斧正，並承蒙農委會補助經費（78農建—7.1—糧—93）謹此申謝。

2. 嘉義農業試驗所助理研究員。臺灣省　嘉義市。

結　果

一、不同採收成熟度對果皮色變化之關係：

鳳梨果皮之顏色爲顯示果實成熟度特徵之一。鳳梨幼果爲茶褐色，隨生長逐漸轉變爲紫色，紫綠色，綠色，綠黃色，而至黃色，即果實已達全熟[6,7,8]。但在未成熟果實之鳳梨，果實採收後，果皮之顏色究竟有何變化？依據本試驗所用之5種不同成熟熟度之果實，採收後模仿外銷作業裝箱，冷藏後貯存於室溫下之變化關係如表一。

表一、不同採收成熟度冷藏後處理對果皮色變化之關係

Table 1. The effect of different picking maturity on the color changes of pineapple peel after cold storage at 7～8°C

Picking season	Days after cold storage	Peel color: Green(A)			1/4 yellowish(B)			2/4 yellowish(C)			3/4 yellowish(D)			Yellowish(E)		
		Part of the fruit														
		Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower
Spring	2	−	−	−	+	+	++	+	++	++	+	+++	+++	+++	+++	+++
	4	−	+	++	+	++	++	+	++	+++	+	+++	+++	+++	+++	+++
	6	+	++	++	++	++	+++	+	++	+++	++	+++	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
	8	++	+++	Ⅳ	++	+++	+++	++	+++	Ⅳ	+++	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅴ
	10	+++	Ⅳ	Ⅳ	+++	Ⅳ	Ⅳ	+++	Ⅳ	Ⅳ	+++	Ⅳ	Ⅴ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅴ
Summer	2	−	+	+	+	+	++	+	++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++
	4	+	+	+	+++	+++	+++	++	+++	+++	++	+++	+++	+++	Ⅳ	Ⅳ
	6	+	++	++	+++	+++	Ⅳ	+++	+++	Ⅳ	+++	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
	8	++	+++	+++	+++	+++	Ⅳ	+++	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅴ
	10	+++	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ

註：− Green　+ Light　++ yellow　+++ Deep yellow　Ⅳ Yellowish brown　Ⅴ Fruits began to rot

由表一符號顯示臺農四號鳳梨不同採收成熟度果實，經冷藏一星期後存於室溫下，隨貯存日數的增加，果皮逐漸黃變，終至變黑腐爛。就春果部分而言，(A)未熟果實置於室溫下經4日果皮色轉變爲淡黃色，6日果皮轉黃色最爲美觀，但至8日後果基部皮色呈黃褐色。而(E) 果皮全黃的完熟果，經室溫貯存至第4日果基部呈黃褐色，至第6日後整個果實外皮多呈黃褐色不雅觀。至於(B)，(C)，(D)三種不同成熟度處理者，室溫貯存2至6日，果皮色由淡黃至深黃色最美觀，第8日後果基部也開始褐變。夏果部分，未熟果室溫貯存2日果頂部仍爲綠色，中下部即轉變成淡黃色，8日即成深黃色，10日呈顯褐化現像，高成熟度之(D)與(E)兩處理分別貯存6與4日即開始呈現黃褐色，顯示貯藏耐力甚差，至於(B)(C)兩種處理，經貯存2至4日果皮顏色由淡黃至深黃色之間，最爲亮麗美觀，第6日後少數果實基部開始呈黃褐色，第10日後基部果目出現變黑的情形。春果與夏果各不同採收成熟度果實，經貯存後果皮色的變化情形相似，唯夏果較春果變化速度略快，也即春果較夏果耐貯存。

二、不同成熟度對果肉色變化之關係：

鳳梨果肉之顏色與成熟度有密切之關係，在幼果期與果實發育中期均爲白色，至發育末期進入成熟時期時，始逐漸轉變爲淡黃色而至黃色，此種果肉色之變化亦爲顯示果實成熟度之一種標準，茲將五種採收成熟度之果肉色變化，列如表二

表二、不同成熟度冷藏後對果肉色變化之關係

Table 2. The effect of different picking maturity on the color changes of pineapple flesh after cold storage at 7～8°C

Picking season	Days after cold storage	Peel color: Green(A)			1/4 yellowish(B)			2/4 yellowish(C)			3/4 yellowish(D)			Yellowish(E)		
		Part of the fruit														
		Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower
Spring	2	−	−	+	−	+	+	−	+	+	+	+	⧺	+	⧺	⧺
	4	−	+	⧺	+	+	⧺	+	+	⧺	+	⧺	⧺	⧺	⧺	⧻
	6	+	+	⧺	+	⧺	⧺	+	+	⧺	⧺	⧺	⧻	⧺	⧺	⧻
	8	⧺	⧺	⧺	+	⧺	⧺	⧺	⧺	⧻	⧺	⧻	⧻	⧺	⧻	⧻
	10	+	⧺	⧺	+	⧺	⧺	+	⧺	⧺	⧺	⧺	⧻	⧺	⧻	⧻
Summer	2	−	+	+	−	+	+	−	+	⧺	+	⧺	⧺	⧺	⧺	⧻
	4	+	+	⧺	+	⧺	⧺	⧺	⧺	⧻	⧺	⧻	⧻	⧺	⧻	⧻
	6	⧺	⧺	⧺	+	⧺	⧺	⧺	⧻	⧻	⧺	⧻	⧻	⧺	⧺	⧻
	8	⧺	⧺	⧺	⧺	⧻	⧻	⧺	⧻	⧻	⧺	⧻	⧻	⧺	⧺	⧻
	10	⧺	⧺	⧻	⧺	⧻	⧻	⧺	⧻	⧻	⧺	⧻	⧻	⧺	⧻	⧻

註：− White + Light ⧺ yellow ⧻ Deep yellow

由上表符號顯示成熟度較高之(D)、(E)，其果肉顏色在採收當時已轉化成黃或深黃色，似未能因貯藏而有所改變，但中成熟度之(B)、(C)及未熟果之(A)，其果實上段之果肉顏色經冷藏後貯存4日即自白色轉變爲淡黃或黃色，而接近中下段之顏色，至改變果肉色所需日數，係以成熟度高低而稍有不同，成熟度愈低所需日數愈長，至於春果與夏果之果肉色變化無明顯差異。

三、不同成熟度對果實風味之關係：

在調查果實糖酸度之同時，以數人同嚐果肉之風味，並將品評果實風味等級區分爲(1)酸而風味差(−)，(2)風味尚可(+)，(3)風味佳(⧺)，(4)風味特佳(⧻)

表三、不同採收成熟度冷藏後對果實風味之關係

Table 3. The effect of different picking maturity on the flavor of pineapple flesh after cold storage at 7～8°C

Picking season	Days after cold storage	(A) Green	(B) 1/4 yellowish	Peel color (C) 2/4 yellowish	(D) 3/4 yellowish	(E) Yellowish
Spring	2	−	+	⧺	⧺	⧻
	4	−	⧺	⧺	⧻	⧻
	6	+	⧺	⧺	⧻	⧺
	8	+	⧺	⧻	⧺	⧺
	10	−	+	+	⧺	⧺
Summer	2	−	⧺	⧺	⧺	⧻
	4	+	⧻	⧻	⧻	⧻
	6	+	⧺	⧻	⧻	⧻
	8	+	⧺	⧺	⧻	⧺
	10	−	+	+	+	⧺

註：− Inferior + Fair ⧺ Good ⧻ Excellent

由上表三結果獲悉，春果在其未熟果階段採收者，風味差，冷藏後貯存至第6日後風味稍提高，但數日後風味又變劣，而成熟度較高之(D)、(E)採收後貯存初期，風味特佳，之後風味隨貯放日數的增加而有降低的趨勢；中成熟度之(B)、(C)，風味雖不及完熟果，但均能維持在「佳」的範圍。此種品質上的變化及病果發生遲早，再與運輸期間長短的配合，似可作爲決定適當採收成熟度的參考。

四、不同成熟度對果汁含量之關係：

將每一果實去皮後，秤其果肉重，然後置於果汁機攪出全部果汁以測定不同成熟度貯藏後之果肉所含果汁量，茲將所得結果整理統計如表四

表四、不同採收成熟度冷藏後對果汁含量（%）之關係

Table 4. The effect of different picking maturity on the juice content (%) of pineapple after cold storage at 7～8°C

Picking season	Days after cold storage	(A) Green	(B) 1/4 yellowish	Peel color (C) 2/4 yellowish	(D) 3/4 yellowish	(E) Yellowish
Spring	2	56.72	62.80	53.10	51.70	57.80
	4	63.40	61.90	63.90	61.60	62.00
	6	62.20	63.50	64.80	59.40	63.70
	8	62.70	64.10	62.70	61.60	65.20
	10	59.20	61.20	61.00	63.60	63.90
Summer	2	62.48	61.31	59.38	60.44	61.51
	4	64.52	62.30	63.06	63.63	64.18
	6	61.98	62.04	61.67	64.52	62.76
	8	62.74	63.69	65.58	66.19	66.37
	10	65.40	63.02	63.86	64.46	63.57

由上表結果可以看出鳳梨經過貯藏後第4日果汁含量明顯的增加，尤其處理(C)及(D)皆達極顯著差異標準。但此後貯藏日數增加，果汁含量似有不規則變化情形。不同採收成熟度間貯藏後果汁含量，以低成熟度增加較多。

五、不同採收成熟度對果實可溶性固形物含量（Brix）之關係：

每一個果實經果汁機榨出果汁後，以屈折計測定可溶性固形物（糖度）含量，結果如表五。

表五、不同採收成熟度冷藏後對鳳梨果實可溶性固形物含量（Brix）之關係：

Table 5. Effect of different picking maturity on the soluble content of pineapple after cold storage at 7～8°C

Picking season	Days after cold storage	(A) Green	(B) 1/4 yellowish	Peel color (C) 2/4 yellowish	(D) 3/4 yellowish	(E) Yellowish
Spring	2	15.76	16.87	17.51	17.57	19.45
	4	15.71	16.70	16.93	17.67	18.62
	6	15.81	16.43	16.23	16.66	18.34
	8	15.46	16.44	17.26	17.68	18.21
	10	15.09	15.95	17.32	17.40	18.16
Summer	2	15.09	15.72	16.88	17.00	18.27
	4	13.98	17.84	18.60	19.22	20.72
	6	15.23	16.63	16.68	16.92	18.86
	8	15.23	16.03	17.88	18.40	19.16
	10	14.56	15.93	15.79	16.14	17.90

由五得知，不論春果與夏果採收成熟度愈高，其可溶性固形物之含量也愈高。果實經過貯藏以後，其可溶性固形物含量之變化，則隨著貯藏日數的增加，其可溶性固形物之含量似有逐漸減低之趨勢，惟差異甚微，顯示鳳梨不因採收後之後熟而提高糖度，爲其他果樹如香蕉、木瓜、芒果等所不同。

六、不同採收成熟度對果實游離酸之變化關係：

每果之果肉經果汁機榨出果汁後，抽取5cc利用滴定法測定游離酸含量之結果，經整理如表六

表六、不同採收成熟度冷藏後對果實游離酸含量※關係

Table 6. The effect of different picking maturity on the acid content* of pineapple after cold storage at 7～8°C

Picking season	Days after cold storage	(A) Green	(B) 1/4 yellowish	Peel color (C) 2/4 yellowish	(D) 3/4 yellowish	(E) Yellowish
Spring	2	0.81	0.79	0.82	0.80	0.83
	4	0.81	0.82	0.73	0.71	0.70
	6	0.74	0.83	0.80	0.71	0.70
	8	0.71	0.71	0.67	0.67	0.73
	10	0.65	0.62	0.61	0.60	0.65
Summer	2	0.54	0.51	0.44	0.47	0.46
	4	0.49	0.41	0.40	0.43	0.37
	6	0.48	0.47	0.41	0.40	0.33
	8	0.48	0.42	0.38	0.32	0.29
	10	0.47	0.43	0.41	0.35	0.25

* Expressed as grams of citric acid per 100ml juice
** D322

上表六得知，本試驗所用之5種成熟度間游離酸含量未有明顯差異，但各處理經室溫貯存後，果實游離酸含量隨貯放日數之增加，略有逐漸減少的趨勢，尤以高成熟度的果實較爲明顯。春果之游離酸含量較夏果爲高，顯示鳳梨果實成熟期間溫度較低游離酸含量較高。

七、不同採收成熟度之病果發生百分比：

於調查果實品質之同時，對於病果發生之情形亦分別予以調查，玆將調查所得結果列如表七。

表七、不同採收成熟度冷藏後之病果發生百分比

Tabl6e 7. The effect of different picking maturity on the percentage of decayed fruit after cold storage at 7～8°C

Picking season	Days after cold storage	No. of fruit inves-tigated	(A) Green	(B) 1／4 yellowish	Peel color (C) 2／4 yellowish	(D) 3／4 yellowish	(E) Yellowish	Total
Spring	2	100	0	0	0	0	0	0
	4	80	0	0	0	0	0	0
	6	60	0	0	0	3.33	6.67	2.00
	8	40	2.50	2.50	5.00	7.50	15.0	6.50
	10	20	0	5.00	10.0	25.0	40.0	16.0
Summer	2	100	0	0	0	0	0	
	4	80	0	1.25	0	0	2.50	0.75
	6	60	0	0	1.67	3.33	8.33	2.67
	8	40	2.50	2.50	7.50	10.0	15.0	7.50
	10	20	5.00	10.0	20.0	35.0	45.0	23.0

由上表顯示，在不同採收成熟度之間，其果實成熟度愈低時，則病果發生之時期愈遲且發生數量愈少。反之成熟度愈高，則病果發生之時期愈快，數量亦較多。亦即採收成熟度愈低，其貯藏力愈強。就春果與夏果比較，春果發病時間較遲且數量亦較少，顯示春果因採收當時氣溫較低，果實較耐於貯放。

八、不同採收成熟度對果實失重之關係：

就冷藏後貯放於室溫下果實，每兩天調查形質之同時，一併調查果實之失重，表八即為果實失重之結果。

表八、不同採收成熟度冷藏後對果實失重率（%）之關係

Table 8. The effect of different picking maturity on the loss rate of fruit weight after cold storage at 7～8°C

Picking season	Days after cold storage	(A) Green	(B) 1／4 yellowish	Peel color (C) 2／4 yellowish	(D) 3／4 yellowish	(E) Yellowish
Spring	2	3.71	3.27	2.07	2.44	2.95
	4	4.21	4.26	3.07	4.52	5.12
	6	6.73	7.05	6.40	6.55	7.62
	8	10.35	8.30	6.94	8.30	9.18
	10	10.87	9.79	10.24	10.39	11.71
Summer	2	2.50	3.26	3.68	4.11	3.91
	4	4.08	4.57	5.82	5.88	4.89
	6	5.50	6.11	7.42	7.39	7.65
	8	5.93	7.33	8.43	10.32	9.06
	10	6.04	7.57	9.75	10.50	9.86

由上表得知，鳳梨果實經冷藏後貯存於常溫下，不論是春果或夏果，其失重情形均隨著貯放日數的增加而提高，在不同採收成熟度之間，以高成熟度果實失重情形較明顯。春果似比夏果失重略高。

討　論

鳳梨成熟度之決定，就開英種而言，除果皮色之變化外，尙需配合敲擊果實所發生之音響[6,7]。但台農四號鳳梨果實，其特性與開英種截然不同，在正常栽培管理情形下，除果皮色隨生長過程由幼果期的茶褐色，漸變爲紫色、紫綠色、綠色、綠黃色、而至完熟期的黃色[6,7,8]，類似開英種外，其果肉因較鬆多孔，成熟果實經敲擊皆發出似「擊鼓」聲響，故在判定成熟度時可以依果皮顏色變化程度爲標準。本試驗基此原理依果皮顏色變化多寡分五種不同採收成熟度，模仿外銷日本裝運方式包裝冷藏，進行貯藏試驗，結果得知不同採收成熟度之果實經貯藏後，果皮色可由綠色轉變爲綠黃色而至黃色，成熟度愈高之果實其轉變之速度愈快；果肉色亦因貯藏而自白色逐漸轉變爲淡黃色，但轉變速度不如果皮色快與明顯。就果肉風味而言，成熟度較低之果實貯存初期極差，但可因貯藏使風味稍佳，其程度極有限；高成熟度果實採收後初期風味極佳，但因貯藏日數的增加質地風味稍變差，於是風味乃決定於採收的成熟度，高成熟度風味佳，未熟果實風味極差。至於可溶性固形物之含量，隨採收成熟度的增加而提高，但卻隨著貯藏日數的增加，略有逐漸減低的趨勢，游離酸含量在春果部分，不同成熟度間未有明顯差異；夏果採收時成熟度愈高，游離酸含量愈低，但經貯藏後隨日數的增加，亦有逐漸減低的趨勢。對病果發生情形，低成熟度之果實，可減少或延緩病果的發生。綜合以上結果，臺農四號鳳梨果實若採收後短暫期間內食用者，以高成熟度之果實，其果皮鮮黃美觀，果肉黃色、糖度高、香味濃、風味甘甜可口、品質最佳，惟容易招致腐爛，貯存日數短。鑑於本省鳳梨外銷日本，自採收至消費地須時一週，此種成熟度果實，保有商品價值可供銷售日數過短，不適合採收。若就未熟果而言，其果皮色與果肉色雖能隨貯存日數增加而轉變爲黃色，且冷藏後在室溫下貯存日數最長，但糖度及酸度之含量始終無法達到眞正成熟果之應有標準，因而品質低劣，風味不佳，應避免採用爲外銷鮮果。至於中成熟度果實，雖其品質風味在採收初期略遜於高成熟度果實，但在貯存過程中均保存「佳」與「特佳」的程度，且保有商品價值可供售日數與低成熟度果實相似，爲外銷鮮果最合適的採收成熟度。故臺農四號鳳梨外銷鮮果適當的採收成熟度，春果以果皮色自果實基部開始1／2轉變爲綠黃色者(約5分熟)，夏果則以1／4至1／2轉變爲綠黃色者（約2分至4分熟）。

參 考 文 獻

1. 張清勤　1967.臺農四號鳳梨花期觀察・科學農業15(5.6)：1—3・
2. 張清勤　1981・鮮食鳳梨臺農四號・豐年31(4)：22—24・
3. 張清勤　1988・生產高品質的臺農四號鳳梨・豐年38(4)：16—17・
4. 黃士元　1988・鮮食鳳梨臺農四號產銷現況及改進・臺灣農業24(2)：60—65・
5. 邱乃鞋、胡安慶　1988・臺農四號鳳梨鮮果外銷問題與市場之探討・嘉義農專專刊・
6. 黃永傳、方祖達、林若秀　1960・鳳梨採收成熟度之研究。國立台灣大學農學院研究報告5(4)：25—39・
7. 黃季春、王德男　1967・外銷鮮鳳梨採收成熟度之研究。國家科學委員會刊第三期第49：427—442・
8. 黃季春　1968・成熟度及貯藏溫度對於鳳梨果實品質之影響。中國園藝14(3，4)：125—131・
9. Akamine E. K. 1963・Fresh pineapple storage・Hawaii Farm Science・Vol・12
10. Collins J・L・1960・The pineapple Leonard Hill(Books) Limited London：173—175・

Studies on the picking maturity of "Tainung NO.4" Pineapple for export[1]

C・C・CHANG[2]

Summary

The maturity of pineapple fruits in this experiment are classified， according to the color break of the fruits，e・g・(A)The fruit still green and the top of the fruit still showed purple tinged(unriped fruit)・(B)1/4 of the fruit from the base was turned to be greenish yellow・(C)2/4 of the fruit from the base was turned to be greenish yellow・(D)3/4 of the fruit turned to be greenish yellow・(E)the fruit was fully turned to be yellow (fully riped)・By using 20 fruits put into 2 boxes as a treatment with 5 replications・The experiment was done both in the Spring and Summer harvest seasons・The results indicated：During the storage，the fruit color was turned from green to yellow then to be deep yellow・The color turn was faster as the maturity increased・The color of flesh changed from white to pale yellow as the fruit riped but it was not so significantly as the peel did・The eating quality was determinated by the maturity when harvested・The matured fruits had the better fruit quality but deteriorated very fast and affected the keeping quality very much during storage ・The keeping quality of the Spring harvested fruits performed better than the Summer harvested one・According to the results showed above，the suitable maturity for harvesting pineapple cultivar Tainung no・4 (TARI# 4)for export should be 2/4 of the spring harvested fruit color turned to be greenish yellow(around 50% riped)，but for the Summer harvested one the color turned 1/4 to 2/4 (around 20% to 40% riped)be enought.

Key Words： "Tainung NO.4" Pineapple, Picking maturity, Export, Spring fruit, Summer fruit.

---

1. Contribution No. 1549 from the Taiwan Agricultural Research Institute(TARI), Taiwan, R. O. C.
2. Assistant research of Chia-Yi Agriculture Experiment Station(AES), TARI, Chia-Yi 60014, Taiwan, R. O. C.

中華農業研究（Jour. Agri. Res. China）40(1)：45～51（1991）

玉米莖腐病抗病品種之篩選方法[1]

蔡武雄　段中漢　杜金池[2]

摘要：本研究發展之玉米莖腐病（病原菌：*Pythium aphanidermatum*)抗病品種（系）之篩選方法，是將供試玉米種子播於六吋素燒陶盆中，每盆3株。於溫室中(24～36°C) 長至40～45 天，株高約 1 公尺時，進行接種試驗。接種時，以每克土約含30個卵孢子之壤土加水達於飽和含水量後，塗抹在供試玉米植株的莖基部(0～10cm)，並以鋁箔包裹之，以防接種病土乾燥。將接種後之玉米置於氣溫25～35°C，相對濕度90%以上的溫室中 3天，以促其發病。再經 3天，即可記錄其罹病率。判定時，以該品種（系）玉米全部罹病倒伏者爲感病；部份罹病倒伏者爲中抗；全部未罹病者爲抗病。

關鍵詞：玉米莖腐病，抗病篩選

玉米莖腐病是由 *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp.所引起（8)。田間玉米於株高1.5～2.0公尺時最易罹病。罹病植株的莖基部，即自地表向上至第一節之間，起先出現水浸狀黑變現象；隨後，該處組織軟化，植株因而倒伏，死亡(4,6,12) 。

P. aphanidermatum 爲寄主範圍甚廣之土壤傳播性植物病原菌 (7,10,19) 。本菌除於幼苗期造成作物猝倒（damping－off）外，亦能使作物之成株罹病（10,20），玉米莖腐病即爲一例。本菌可以卵孢子狀態在田間表層(0～15cm) 土壤中長期存活（3,16,18）。在高溫且潮溼的土壤中，卵孢子是以直接發芽的方式，形成發芽管侵入寄主組織造成感染（9,14）。病株於罹病後期會釋放大量的卵孢子至土壤中，作爲次級感染源（secondary inoculum）。在適宜的環境下，其蔓延至爲迅速（7,9,10,11,15,17,20）。

近年來，由於稻田轉作玉米發展方案之實施，本省中南部地區之玉米種植面積不斷增加。在雲、嘉地區亦陸續有莖腐病嚴重發生之報導（1）。由於玉米不同品種(系) 間對本病之抗感性具程度上的差異（1,8），所以本省玉米育種人員已將莖腐病列入抗病測定之項目（2）。由於*P. aphanidermatum* 對玉米屬於弱病原菌（12,13），因此，接種時必須正確控制各項與接種有關的因子（10），始能促其發病，而此項技術正待解決。

爲建立一套標準有效的接種方法以篩選抗莖腐病之玉米品種(系)，本研究爰就玉米之接種部位，接種源濃度，接種時之溫度，玉米株齡及接種後，維持有效發病環境之期間等方面分別予以探討。最後，並將各項最適條件加以整合，以建立適切之接種方法作爲篩選抗病品種(系)之用。

材料與方法

一、菌株

自嘉義縣布袋鎭採得被 *Pythium aphanidermatum* 自然感染之玉米植株（品種：台農1號），

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第1550號。本研究部分經費承行政院農委會　79農建－7.1－糧－64 計畫補助，謹此誌謝。
2. 本所植病系研究員、助理及所長。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

經自來水洗淨後，拭乾，置於 2%水瓊脂 (water agar) 平板上進行分離。所得菌株經比對其特徵 (19) 並予確定後，移入10%果菜汁瓊脂 (V－8 juice agar, VJA) 斜面上。置於24 C之黑暗定溫箱中保存，每月更新培養一次，以作爲本研究之接種用菌株。

二、 接種源製備

供試菌株培養於 VJA三日後，挑取其菌絲塊移入果菜汁培養液 (V－8 juice 4%，Dist. water 96%，v／v)。培養液內並酌加 Cholesterol (40mg／ 1) 以促進卵孢子之形成 (7)。將培養液置於有間接光照之24 C培養室中。兩週後，取出已著生有大量卵孢子之病原菌菌絲塊，先以清水洗去培養液，再以均質機 (Polytron, PT10／35) 予以打碎，製成卵孢子懸浮液；並將其混入經20目網篩篩過之壤土，晾乾後製成病土，供作接種源。病土之卵孢子含量以種別專一性分離培養基 (species－specific isolation medium) (3)測定之。另視需要以相同之壤土稀釋病土之卵孢子含量。

三、接種部位

爲判定 *P. aphanidermatum* 是由根部或莖基部侵入玉米植株。取台農1號玉米種子播於六吋素燒盆中，每盆三棵。置於溫室中，待長至35天，株高 (地際至心葉尖端) 100±10cm時，進行本試驗。本試驗爲四個處理，處理一取含菌量爲每克土 3×10^4個卵孢子的病土100克均勻混拌於玉米莖基部旁之表層土 (0～5cm) ，使病土與玉米根部接觸。處理二同前，但玉米莖基部 (0～10cm) 以鋁箔包裹，以隔絕可能經澆水飛濺至莖基部之病原菌。處理三是以病土加水至飽和含水量並塗抹在玉米的莖基部(0～10cm) 。另以不含病原菌之土壤仿處理三之方式爲之，供作對照。每處理三盆。各處理之玉米均置於相對濕度100%及氣溫30～35°C之濕室中六日，移出後，調查各處理之倒伏情形，作爲其罹病率。

四、接種源濃度

爲探知接種源濃度對莖腐病罹病率之影響，取每克土含菌量爲3×10^4、3×10^3、3×10^2、及3×10^1個卵孢子的病土加水至飽和含水量後，分別塗抹於與前項試驗相同生長條件之台農1號盆栽玉米的莖基部。另以塗抹不含病原菌之土壤的處理作對照。每處理三盆。其後之處理方式及罹病率調查方法均同於前項試驗。

五、溫度

爲決定玉米莖腐病最適發病的溫度範圍，取每克土含菌量爲30個卵孢子的病土加水至飽和含水量後，塗抹至與前項試驗相同生長條件之台農1號盆栽玉米的莖基部。然後套以大型透明塑膠袋保持其潮濕。接種完畢之盆栽玉米分置於15,20,25,30,及35 C之植物生長箱 (growth chamber，Conviron) 中。箱內維持每日12小時光照 (8000 lux) 。每處理三盆。處理六日後，移出，並即調查其罹病率，其調查方法同於前項試驗。

六、株齡

爲探知玉米株齡對莖腐病抗感性之差異。取每盆三株，株齡分別爲10，20，30，40，50，及60日之台農1號及台農351號玉米供作接種。接種時，取與前項試驗相同之潮濕病土塗抹在供試玉米的莖基部。接種後之玉米移入溫度爲30～35 C，相對濕度100%的濕室中六日。再依前述之調查方法記錄其罹病率。

七、接種期間

溫、濕度是影響玉米莖腐病發生的重要條件，但維持此種條件之期間 (period) ，則是決定罹病率的關鍵因素 (6，8，11) 。爲獲知接種期間之長短對罹病率之影響，取株齡35日之台農1號盆栽玉米(每盆3株)，以潮濕病土 (每克乾土含菌量爲30個卵孢子) 塗抹其莖基部。然後置於與前項試驗相同條件之濕室中1～4日，再置於溫室中繼續觀察三日，並依前述之調查方法記錄其罹病率。

結　果

一、感染部位

將潮濕病土塗抹在供試玉米的莖基部，可使接種之玉米全部罹病死亡。相同的病土混在玉米莖基部旁之土表，亦能造成很高的罹病率；同前之處理，但在玉米莖基部裹以鋁箔者，則罹病率甚低（表一）。檢查各處理的根部，未見有受 *P. aphanidermatum* 感染的現象。由此推斷，本菌感染玉米時，主要應自其莖基部侵入。

表一、接種方法對玉米莖腐病罹病率之影響

Table 1. Effect of inoculation methods on the incidence of Pythium stalk rot of corn

Treatment[a]	Percentage of disease incidence[b]			
	I	II	III	Mean
A	100	100	67	89
B	0	0	33	11
C	100	100	100	100

[a] A: The infested soil was blent with cultivated soil at the 5cm soil depth around the tested plant. B: The infested soil was treated as A, but the basal stalk (1～10 cm) of corn was wrapped with aluminum foil. C: The infested soil was saturated with water and smeared on the basal stalk of corn.
[b] Percentage of diseased incidence=(No. diseased ／ No. inoculated) of plants×100%. The tested plants were inoculated 35 days after sowing and the data were taken 6 days after inoculation.

二、接種源濃度

以每克土含 *P. aphanidermatum* 3×10^1,3×10^2,3×10^3,及3×10^4個卵孢子的病土分別塗抹在供試玉米的莖基部，於高溫潮濕的環境下經過六日，其罹病率均達100%。表示在適宜的環境下，每克土雖僅數十個病原菌卵孢子即可使玉米罹病。

三、接種溫度

接種後之玉米置於氣溫25～35C（土溫爲23.6～26.6C），其罹病率約80%以上，氣溫20C以下則完全不罹病（表二）。

表二、溫度對玉米莖腐病罹病率之影響

Table 2. Effect of temperature on the incidence of Pythium stalk rot of corn

Temperature (C)	Percentage of disease incidence[a]			
	I	II	III	Mean
15(18.4)[b]	0	0	0	0
20(19.4)	0	0	0	0
25(23.6)	67	67	67	67
30(26.1)	100	100	100	100
35(26.6)	100	100	100	100

[a] Percentage of diseased incidence=(No. diseased ／ No. inoculated) of plants×100%. Tested plants were inoculated 35 days after sowing, and the data were taken 6 days after inoculation.
[b] Number in the parenthesis represented the temperature of the infested soil smeared on the corn stalk in that treatment.

四、接種株齡

接種不同株齡之供試玉米，得知株齡在30日以下，無論台農1號或台農351號，其罹病率均近 100%。株齡40日以上，則罹病率顯著下降（表三）。本項試驗結果表示，*P. aphanidermatum* 易於感染幼齡的植株，植株愈成熟對本菌之抗性愈強。

表三、玉米不同品種及株齡對莖腐病發生之影響

Table 3. Effect of cultivars and ages of corn plants on the incidence of Pythium stalk rot

Cultivar	Percentage of disease incidence[a]					
	Days after sowing					
	10	20	30	40	50	60
TNG 1	88	100	100	25	0	0
TNG 351	100	100	100	38	0	0

[a] Percentage of diseased incidence=(No. diseased ／ No. inoculated) of plants×100%. The data were taken 6 days after inoculation.

五、接種期間

接種處理後之玉米於飽和濕室中，經1～4日，其罹病率有顯著的差異。在濕室中置1～2日者，完全不罹病；3日者罹病率達67%，4日者近90%（表四）。

表四、接種期間對玉米莖腐病罹病率之影響

Table 4. Effect of inoculation period on the incidence of Pythium stalk rot of corn[a]

Time (day)	Percentage of disease incidence[b]			
	I	II	III	Mean
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	67	67	33	56
4	100	100	67	89

[a] The inoculated plants were kept in greenhouse with temperature above 25°C and RH above 95%.
[b] Percentage of disease incidence=(No. diseased ／ No. inoculated) of plants×100%. The tested plants were inoculated 35 days after sowing, and the data were taken 3 days after inoculation period of each treatment.

討　論

P. aphanidermatum 爲土棲菌（soil inhabitant），對作物之危害亦以造成根腐（root rot）爲主（7,9）。但在玉米莖腐病的情況卻不相同。本研究發現，病原菌是以玉米的莖基部爲主要侵入點（infection site）。因此，如能採取保護玉米莖基部之措施，則本病之發生即可減少。杜氏等（1）建議玉米耕作時，採小培土，不培土或延後培土之方式以減輕本病之發生，即是符合這項特性。

人工接種作物時，罹病與否取決於接種源潛勢（inoculum potential）、接種期間（inoculation period）、植物的遺傳特性（genetic characteristics of plant）及接種環境（environments

of inoculation) (5) 。就接種源潛勢而言，本研究是以選擇性培養基所測得之可發芽卵孢子量來判定接種源潛勢，故所得即爲有效之接種源濃度。本菌在每克土30個卵孢子的含菌量下，即具致病力。此種濃度亦可於田間自然土中獲得（未發表資料）。由於本研究所採用之供試玉米品種爲台農1號，其生長勢較一般玉米品種（系）爲強，在生長至35日時，其株高較大部份供試品種（系）高出10～20cm。因此，對一般玉米品種（系）進行接種時，須視溫度條件，將接種日期延後5～10日，成爲40～45日。目的在使一半以上的供試玉米株高約達於一公尺時，始行接種；以免供試玉米於接種時，因組織過於幼嫩而罹病。至於高溫潮溼的環境則爲發病所必需。在建立玉米莖腐病抗病品種（系）之篩選方法時，綜合各項利於發病的條件得知，接種期間之長短顯著影響玉米罹病率之高低。在其他各項利於發病的條件配合下，將接種期間定爲3日最爲恰當。

杜氏等 (1) 曾對玉米不同品種（系）對莖腐病之抗感性進行試驗，其以帶菌玉米桿或設置病圃之接種方式在無傷口的情況下，其罹病株率均在30%以下，傷口接種亦約60%。由於其罹病率均較本研究所得者爲低而接種期間又長，抑且其接種時之操作及接種環境之控制亦較爲困難，對大規模之接種試驗尤不易進行。今爲簡化篩選程序，提高接種效率，本研究擬定之玉米抗莖腐病品種（系）篩選方法，係將供試玉米種子播於六吋素燒陶盆中，每盆3株，置於氣溫 24～36C之溫室中生長。待株齡40～45日，株高約1公尺時，將每克土含菌量爲30個卵孢子的病土加水至飽和含水量，然後塗抹在供試玉米的莖基部（0～10cm）。由於現有溫室設備無法控制相對濕度達於100%，爲保持接種病土的潮濕，可以鋁箔將接種部位包裹之。然後將供試玉米保持在氣溫25～35C之不通風且不斷之灑水的溫室中三日。再將其回復原來的生長環境，並經三日後，即可調查其罹病率。凡供試品種（系）之玉米全部倒伏者爲感病(S)，部份倒伏者爲中抗 (M)，全部未倒伏者爲抗病 (R)。依據這套接種方法先後測定七批不同品種（系）玉米計約 1100個，其抗，中抗，感之品種（系）比例分別爲42%，29%，29%（未發表資料）。

引用文獻

1. 杜金池、鄭安秀、曾建銘。1986。玉米莖腐病綜合防治研究。台南區農業改良場研究彙報 20：29—38。
2. 蔡武雄、段中漢、蔡淑珍、杜金池。1989。玉米莖腐病之抗病篩選方法。 植保會刊 31：402—403。（摘要）
3. Burr,T. J. and Stanghellini, M. E. 1973. Propagule nature and density of *Pythium aphanidermatum* in field soil. Phytopathology 63：1499—1501.
4. Christensen, J. J., and Wilcoxson, R. D. 1966. Stalk rot of corn. Monogr. 3, American Phytopathological society, St. Paul, MN. 59 pp.
5. Dhingra, C. D., and Sinclair, J. B. 1985. Basic plant pathology methods. CRC Press, INC, New York, 355 pp.
6. Diwakar, M. C., and Payak, M. M. 1976. Pythium Stalk rot of maize — mode of entry of the pathogen. Sci. Cult. 42：164—165.
7. Domsch, K. H., Gams, W., and Anderson, T. H. 1980. Compendium of soil fungi. Vol. I. Academic press. New York, 859 pp.
8. Elliot, C. 1943. A Pythium stalk rot of corn. J. Agric. Res. 66：21—39.
9. Gold, S. E., and Stanghellini, M. E. 1985. Effects of temperature on Pythium root rot of spinach grown under hydroponic conditions. Phytopathology 75：333—337.
10. Hendrix, F. F., Jr., and Campbell, W. A. 1973. Pythiums as plant pathogens. Annu. Rev. Phytopathol. 11：77—98.
11. Hine, R. B., and Ruppel, E. G. 1969. Relationship of soil temperature and moisture to sugarbeet root rot caused by *Pythium aphanidermatum* in Arizona. Plant Dis. 53：989—991.

12. Koehler, B. 1960. Corn stalk rots in Illinois. Ill. Agric. Exp. Stn. Bull. 658.

13. McCarter, S. M., and Littrell, R. H. 1970. Comparative pathogenicity of *Pythium aphanidermatum* and *Pythium myriotylum* to twelve plant species and intraspecific variation in virulence. Phytopathology 60 : 264—268.

14. Stanghellini, M. E., and Burr, T. J. 1973. Germination in vivo of *Pythium aphanidermatum* oospores and sporangia. Phytopathology 63 : 1493—1496.

15. Stanghellini, M. E., and Burr, T. J. 1973. Effect of soil water potential on disease incidence and oospore germination of *Pythium aphanidermatum.* Phytopathology 63 : 1496—1498.

16. Stanghellini, M. E., von Bretzel, P., Kronland, W. C., and Jenkins, A. D. 1982. Inoculum densities of *Pythium aphanidermatum* in soils of irrigated sugar beet fields in Arizona. Phytopathology 72 : 1481—1485.

17. Stanghellini, M. E., Stowell, L. J., Kronland, W. C., and von Bretzel, P. 1983. Distribution of *Pythium aphanidermatum* in rhizosphere soil and factors affecting expression of the absolute inoculum potential. Phytopathology 73 : 1463—1466.

18. Stanghellini, M. E., and Kronland, W. C. 1985. Bioassay for quantification of *Pythium aphanidermatum* in soil. Phytopathology 75 : 1242—1245.

19. Van Der Plaats−Nitorink, A. J. 1981. Monograph of the genus *Pythium,* Studies in Mycology No.21. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Baam.

20. von Bretzel, P., Stanghellini, M. E., and Kronland, W. C.1988. Epidemiology of Pythium root rot of mature sugar beets. Plant Dis. 72 : 707—709.

A Method for Screening Resistance to Pythium Stalk Rot in Corn Cultivars[1]

W. H. Tsai, C. H. Duan and C. C. Tu[2]

Summary

An inoculation method for screening resistance to *Pythium* stalk rot *(Pythium aphanidermatum)* in corn cultivars was established in this study. Three seeds of each corn cultivar or line were sowed on a six-inch-pot and grown in a greenhouse at temperature between 24 and 36 C. After 40～45 days incubation until corn plants reached about 100 cm in height, they were used for inoculation. The artificial infested soil containing 30 oospores per gram of air－dry soil was saturated with water and smeared on the basal stalk (0～10 cm) of the tested plants. The inoculated site was wrapped with a piece of aluminum foil to keep the inoculum from drying out. The inoculated plants were incubated in the greenhouse with temperature at 25 to 35 C and relative humidity at 90% or more for three days. Thereafter, the environment was recovered to normal conditions for another three days. In general, cultivars (lines) susceptible to the fungus would readily lodge, whereas, those resistant ones stayed as healthy as non－inoculated plants. By this method, about 42% of 1100 tested corn cultivars (lines) were screened as resistant to Pythium stalk rot in our study.

Key Words : *Pythium aphanidermatum,* corn, Pythium stalk rot, resistant cultivar.

---

1. Contribution No. 1550 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported in part by grants from Council of Agriculture, Executive Yuan, ROC.
2. Senior Plant Pathologist, Assistant, and Director, respectively, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng 41301, Taichung County, Taiwan, ROC.

中華農業研究（Jour. Agri. Res. China）40(1)：52～56（1991）

不同光週期對外米綴蛾（*Corcyra cephalonica* Stainton）羽化率及產卵量之影響[1]

余志儒　陳健忠[2]

摘要：以8瓦特電擊式捕蚊燈爲光源之各種光週期及自然光照處理外米綴蛾幼虫期，自開始有成蛾羽化算起第10、20日及第30日之累計羽化率分別爲 27.0～31.0%、63.0～87.5% 及 68.5～92.5%，各處理間皆無明顯差異；每百隻雌蛾的產卵量，自羽化算起第1～3與4～6日分別爲0.52～0.75cc與0.15～0.39cc，各處理間亦無明顯的差異，顯示外米綴蛾的羽化率與產卵量不受不同亮燈週期的影響，其羽化高峰期在第10與20日之間，產卵高峰期在羽化起三日內。在大量飼育外米綴蛾時。可以上述光源行全天候之誘捕，作爲預防措施或小繭蜂入侵時之輔助防治方法。

關鍵詞：有害生物綜合管理、生物防治、大量繁殖、外米綴蛾、條斑螟小繭蜂。

有害生物綜合管理（Integrated pest management）的理念是現代農作物病虫害防治工作中最新的發展趨勢，其中的生物防治法即爲經常採用的方法之一，而較常被應用的生物防治法，是在適時地增加田間的天敵數目，使其發揮壓制害虫棲群密度的力量。此除保護田間自然存在的天敵之外，人爲的定期釋放也是主要的應用方式，而無論是接種式或增補式或淹沒式的釋放[12]，天敵的供應主要還是靠室內的大量繁殖(Mass rearing)。所以，大量繁殖天敵一直就是研究單位的努力課題。

民國37年，陳金璧氏在台灣糧政局屏東辦事處糧倉內採得一種麥蛾（*Brachmia modicella* Cristoph）作爲繁殖赤眼卵寄生蜂（*Trichogramma australicum* Girault）及古巴蠅（*Lisophaga diatraea* Townsend）之代用寄主，此蛾後經鑑定更名爲外米綴蛾（*Corcyra cephalonica* Stn.）[5]。再經臺灣糖業研究所多年之研究發展，於民國61年台糖公司開始推廣釋放赤眼卵蜂防治蔗螟，68年爲擴大供應面積，在台灣糖業研究所設置赤眼卵蜂繁殖中心[2]，至目前除上述台糖外，尙有農委會補助之多處養蜂中心，及農業研究單位的小型養蜂室，皆有飼養外米綴蛾作爲代用寄主或食餌，進行蔗螟、玉米螟、荔枝可可細蛾、小菜蛾等作物害虫之寄生蜂或捕食性天敵（如草蛉）大量繁殖、釋放供應及其研究工作。然在米蛾的的飼育過程中，除其他倉貯害虫的競食，壁蝨、蟑螂、壁虎的干擾與捕害亦造成相當之困擾，其中又以一種幼虫期外寄生性小繭蜂（條斑螟小繭蜂 *Bracon hebetor* Say）威脅最爲嚴重，對赤眼卵蜂的繁殖與釋放計畫影響至鉅[1,4]。因此，小繭蜂之防治實不容忽視。

小繭蜂的防治，帳幕隔離可相當有效防止該蜂的侵襲[10]，但由於該蜂世代短、增殖力強、對米蛾的攻擊力亦強，可刺殺分散在帳幕上之米蛾幼虫，並產卵其上，經此而侵入帳幕內，終至一發不可收拾。若育蛾室內已發生該蜂，除可施用殺虫劑加以防治外[4]，據作者近年之觀察，亦可利用小繭蜂的正趨光性，在育蛾室內懸掛電擊式捕蚊燈作爲光源，誘殺該蜂而壓制其棲群增長，唯不同的亮燈時間對米蛾是否有影響，則有待進一步之瞭解。因爲不同的光照律動，通常與昆蟲的取食、發育、繁殖及休眠有密不可分之關係，但亦因昆蟲種類的不同在影響程度上有所差異[8]。如小菜蛾幼蟲之發育

1. 台灣省農業試驗所　研究報告第1551號。本文承蒙台南區農業改良場朴子分場曾清田主任及本所陳炳輝博士斧正，謹此誌謝。
2. 本所助理及助理研究員。台灣省　台中縣　霧峰鄉。

在低溫狀況下與光週期有高度相關性，光照時間越長，其發育日數越短，蟲子亦越活潑[3]；Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) 的一種卵寄生蜂（*Edovum puttleri*），卻以短光照者發育較快[11]；吉普賽蛾（*Lymantria dispar*）之卵寄生蜂（*Ooencyrtus kuvanae*）卵巢中的成熟卵及其產子數，皆以長日照者較多[13]；然而，亦有不受不同光照週期影響的昆蟲，如 *Ectomyelois ceratoniae*(一種螟蛾)的幼蟲期寄生性小繭蜂(*Apanteles* sp.)，即不因不同的光照時間而影響其發育速率[7]。而本試驗即在探討不同的光週期對米蛾羽化及產卵量的影響，裨便小繭蜂防治時之參考。

材料與方法

一、試驗材料：

1. 外米綴蛾（*Corcyra cephalonica* Stainton）：
民國73年10月取自台糖烏樹林養蜂中心之種源，在本所累代飼育作爲試驗材料。
2. 暗箱：
長寬高爲36×36×86cm之木框箱，外裹三層黑色壁報紙使完全不透光。
3. 飼育盒：
爲半透明塑膠製直徑23cm高7cm之圓形飼育盒，內緣圍繞三圈高約5cm的31Ｂ材質瓦楞紙供外米綴蛾化蛹，中央鋪約1公斤的糙米，接種約 0.3cc 的米蛾卵，並以70×70目/平方吋之細紗網封口，置於暗箱中作爲產卵量觀察用。
4. 玻皿：
直徑12cm高6.5cm的透明玻璃製培養皿，內緣同樣圍繞三圈瓦楞紙，取同上述飼育盒育得之米蛾幼虫4～5齡者50隻，置於玻皿內飼以適量糙米，口封同上之細紗網，置於暗箱中作爲觀察羽化情形用。
5. 捕蚊燈：
採市面販售之8瓦特電擊式捕蚊燈(蜘蛛牌)，距20cm處之強度約爲10Lux.，拆除底部之集虫盤，避免遮光。將燈懸掛於離飼育盒及玻皿之糙米面20cm上方一同置於暗箱內。
6. 產卵箱：
10×10×10cm正立方體鐵框，外套10×20目/平方吋之紗網，置於塑膠盤中供雌蛾產卵。用12號圓頭水彩筆刷下產在紗網上及盤中之卵粒，以1cc規格之定量滴管測定卵量。

二、試驗方法：

在30℃，70～90％RH下，8瓦特電擊式捕蚊燈作爲光源亮燈時間分爲每日24、14、12、10、0（全暗）小時，及對照組（不在暗箱內之自然光照，時值4～5月每日光照平均約12小時，室內中午光強度800～1100Lux.）。因外米綴蛾被條斑螟小繭蜂寄生之最適期約在第4齡以後之老熟幼蟲[4]，故本試驗將外米綴蛾先在自然光照下飼育至第4至5齡幼蟲時，始將捕蚊燈懸掛於離飼育盒及玻皿之糙米面20 cm上方，並一同置於暗箱內，進行不同光照時間之處理。共六處理各四重複。調查項目包括：

1. 羽化率：
在28℃，RH53～73％下，外米綴蛾之雌幼虫期平均爲28～38日，蛹期爲7～10日[6]，最大差距爲13日，故本試驗調查羽化率以10日爲一梯次，即自任何處理中開始有米蛾羽化之日算起，第10日、20日及第30日三梯次之累計羽化率。並計算各梯次之累計羽化率占第30日總羽化率之百分比，估算羽化高峰期。
2. 產卵量：
取飼育盒中當日羽化之雌蛾100隻置於產卵箱內及塑膠盤上，此時全移至自然光照。因在

30°C下，外米綴蛾之卵期約爲4～5日，成虫壽命約爲4～12日 (6,9)，故自羽化日算起每3日計量一次米蛾產在尼龍網及塑膠盤上之卵量，並計算每3日產卵量占總產卵量之百分比估算產卵高峰期。

試驗結果以鄧肯氏多變域測試（Duncan's new multiple range test,）分析其差異顯著性，估測外米綴蛾幼虫期在不同光照週期環境下，對成虫羽化率及產卵量之影響。

結果與討論

一、不同光照處理對外米綴蛾羽化率之影響：

光照週期爲影響昆虫取食、發育、產卵及其他行爲重要因子之一，影響程度因種而異，例如一種用以防治Colorado potato beetle的卵蜂，在短光照下的發育即快於長光照者；而一種螟蛾的幼虫期寄生性小繭蜂，其發育速率却不受不同光週期的影響，亦不發生休眠(Diapause)。本試驗之外米綴蛾幼虫期自4～5齡開始，以8瓦特電擊式捕蚊燈爲光源之每日光照24、14、12、10、0小時與對照組之自然光源處理。各種光照處理下，自第一隻成蛾羽化算起，前10日累計之羽化率分別爲27.5、31.0、31.0、23.0、24.0與27.0%；累至第20日止分別爲70.5、76.5、81.5、63.0、74.0與87.5%；及至第30日止之總羽化率分別爲78.0、80.0、91.0、68.5、79.0與92.5%，各處理間皆無明顯差異(見表一)，顯示外米綴蛾不因幼虫期4～5齡至羽化前受不同光照的處理而影響其羽化率，同時亦無休眠情況發生。

表一、不同光週期下外米綴蛾之羽化率

Table 1. Cumulative percentage of emergence of the rice moth when reared under different regimes of photoperiod.

光照處理 Light treatment (小時／每日) (hrs.／day)	第 10 日 10th day		第 20 日 20th day		第 30 日 30th day	
	羽化率* Percentage of emergence	百分比 Percentage of total emergence	羽化率 Percentage of emergence	百分比 Percentage of total emergence	羽化率 Percentage of emergence	百分比 Percentage of total emergence
24	27.50±16.44a	33.18±17.05	70.50±12.37a	90.44±4.75	78.00±12.96a	100
14	31.00± 8.25a	38.63± 8.53	76.50± 9.15a	95.69±2.24	80.00± 9.93a	100
12	31.00±15.19a	34.46±16.17	81.50±12.48a	89.31±3.54	91.00±10.89a	100
10	23.00± 7.75a	24.90±17.38	63.00± 6.83a	93.03±7.96	68.50±13.30a	100
0	24.00± 8.16a	30.45± 9.68	74.00±12.96a	93.49±2.08	79.00±12.49a	100
對照組	27.00±16.12a	28.93±15.12	87.50±14.91a	94.57±4.11	92.50±15.00a	100

*：第一隻成蛾羽化時算起累計之平均羽化率（%）。
Cumulated from the first female moth emerged.(Mean±S.D) (%)
鄧肯氏多變域5%差異顯著性測試。
Means in each column followed by the same letter are not significantly different (P<0.05, Duncan's new multiple range test).

因第30日後即不再有成蛾羽化，故將第30日止之累計羽化率視爲總羽化率。前10日累計羽化率占總羽化率之百分比爲24.9～38.6%，而至第20日之累計羽化率占總羽化率之百分比爲89.3～95.7%（見表一），顯示米蛾之羽化高峰期應在第1隻成蛾羽化算起之第10日與第20日之間。

二、不同光照處理對外米綴蛾產卵量之影響：

昆虫產卵情形受不同光週期的影響，有的相當明顯，如吉普賽蛾之卵寄生蜂產子數及卵巢中的成熟卵，短光照者即明顯少於長光照者。本試驗之外米綴蛾幼虫自第4～5齡幼虫開如經各種不同光週期處理至羽化，成虫隨即移至自然光照下的產卵箱中讓其產卵，因其7日齡以後之成蛾產卵極少，故摒棄不計，而將6日內之累計產卵量視爲總產卵量。表二中第1～3日（前3日）各光照處理之每百隻雌蛾累計產卵量分別爲0.52、0.75、0.46、0.59、0.60與0.55cc，以光照14小時者最多，顯著多於光照12小

時者，但若將第4～6日（後3日）合計之總產卵量則分別為0.60、0.89、0.63、0.89、0.75與0.74cc，各處理間則無明顯差異，此表示外米緑蛾自幼虫4～5齡至羽化受不同光照週期之處理不影響其總產卵量。

另外，前3日之產卵量占總產卵量的百分比為73.03～85.58%，可見其產卵高峰期集中在羽化後的前三日內。若為省工省時，採卵期可縮短在此期間，而且每日14小時的光照週期，可以有較高的產卵量。

表二、不同光週期下外米緑蛾的產卵量

Table 2. Cumulative amount of egg produced by the rice moth when reared under different regimes of photoperiod

光照處理 Light treatment (小時／每日) (hrs./day)	第1～3日 1st～3rd day		第4～6日 4th～6th day		合計 Total egg amount	
	產卵量* Egg amount	百分比 Percentage of total egg amount	產卵量 Egg amount	百分比 Percentage of total egg amount	產卵量 Egg amount	百分比 Percentage of total egg amount
24	0.52±0.18ab	85.58±13.59	0.08±0.07a	14.42±13.59	0.60±0.16a	100
14	0.75±0.26a	84.14± 4.92	0.15±0.08ab	15.86± 4.92	0.89±0.34a	100
12	0.46±0.07b	73.03± 6.03	0.17±0.02ab	26.97± 6.03	0.63±0.05a	100
10	0.59±0.11ab	77.02±25.95	0.39±0.44b	22.98±25.95	0.89±0.47a	100
0	0.60±0.12ab	80.49± 5.54	0.15±0.07ab	19.51± 5.54	0.75±0.18a	100
對照組	0.55±0.09ab	78.46±12.00	0.18±0.17ab	21.54±12.00	0.74±0.26a	100

*：每百隻雌蛾之平均產卵量（cc）。
Amount of egg produced by 100 females.(Mean±S.D.) (cc)
鄧肯氏多變域5%差異顯著性測試。
Means in each column followed by the same letter are not significantly different (P<0.05, Duncan's new multiple range test).

外米緑蛾幼虫被條斑螟小繭蜂寄生之適期約起自第4～5齡，老熟幼虫為最適期。在此期間若懸掛8瓦特電擊式捕蚊燈來誘捕小繭蜂，因其亮燈週期不影響米蛾的羽化率與產卵量，故可以進行全天候之誘捕，作為一種預防措施或已有小繭蜂發生時與其他防治方法配合。

參考文獻

1. 朱耀沂、蘇宗宏 1975 條斑螟小繭蜂之記錄 植物保護學會會刊 17(3):353－354.
2. 梁崇仁、楊兆文 1982 應用飼育箱繁殖赤眼卵寄生蜂試驗 臺灣糖業研究所研究彙報第九十六號：45－56.
3. 徐世傑、王振容 1971 光週期和溫度對小菜蛾（*Plutella xylostella* L.）發育及對小繭蜂，*Apanteles plutellae*，寄生關係之影響 植物病虫害學刊第一期：3－32.
4. 鄭文義、洪相信 1977 條斑螟小繭蜂之研究 臺灣糖業研究所研究彙報第七十六號：59－71.
5. 鄭文義、洪相信、洪榮款 1978 外米緑蛾在不同飼料之發育與生育力 臺灣糖業研究所研究彙報第八十二號：19－27.
6. 鄭文義、洪相信、洪榮款 1979 高溫對外米緑蛾發育與生育力之影響 臺灣糖業研究所研究彙報第八十六號：51－61.
7. Al－Maliky, S. K., M. A. J. Al－Izzi and N. F. Jabbo. 1988. Effects of temperature and photoperiod on the development and oviposition of *Apanteles* sp. group ultor (Hym.:Braconidae), A larval parasite of the carob moth *Ectomyelois ceratoniae* (Lep.: Pyralidae). Entomophaga 33(2):193－200.
8. Beck, S. D. 1980. Insect photoperiodism, 2nd ed. Academic Press, New York.
9. Mbata, G. N. 1989. Studies on some aspects of the biology of *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera: Galleriidae). J. Stored Prod. Res. 25(4):181－186.

10. Medina, C. P. and E. P. Cadapan 1982. Mass rearing of *Corcyra cephalonica* Stn. and *Trichogramma* species. Philipp. Ent. 5(2) : 167－184.

11. Obrydki, J. J. , M. J. Tauber, C. A. Tauber, and B. Gollands 1987. Developmental response of the Mexican biotype of *Esovum puttleri* (Hym. : Eulophidae) to temperature and photoperiod. Environ. Entomol. 16(6):1319－1323.

12. Stehr, F. W. 1982. Parasitoid and predators in pest management. pp. 135－174. In: Introduction to insect pest management , Metcalf, R. L. and W. H. Luckmann (ed.). Wiley－ Interscience, New York.

13. Weseloh, R. M. 1986. Effect of photoperiod on progeny production and longevity of gypsy moth (Lep.: Lymantriidae) egg parasite *Ooencyrtus kuvanae* (Hymenoptera : Encyrtidae). Environ. Entomol. 15(6): 1149－1153.

Effects of different regimes of photoperiod on the emergence and oviposition of the rice moth (*Corcyra cephalonica* Stainton)[1]

Jih－zu Yu and Chien－chung Chen[2]

Summary

The rice moth was reared under different regimes of photoperiod using an electric-type light trap as light source only. For the control treatment the larvae received natrual light. The cumulative percentage of emergence up to 10, 20 and 30 days after first moth emergence for each treatment ranged from 27.0～31.0%, 63.0～87.5% and 68.5～92.5%, respectively, and no significant difference was found. The amount of eggs produced by 100 females within 1 to 3 days and 4 to 6 days after emergence were 0.52～0.75cc and 0.15～0.39cc, respectively, and again no significant difference was found. The results revealed that the emergence and oviposition of the rice moth were not affected when the larvae reared under different photoperiods. Peak of emergence for each treatment was between 10 and 20 days after the first female emergence. Peak of oviposition was within the period of first 3 days after female moth emerged. Therefore, it was concluded that the light trap could be operated the whole day for trapping the parasitoid (*Bracon hebetor* Say) without any adverse effect on mass rearing of the rice moth.

Key Words : Integrated pest management. Biological control. Mass rearing. Rice moth (*Corcyra Cephalonica stn.*). *Bracon hebetor* Say.

---

1. Contribution No. 1551 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Assistnt and Assistant Entomologist, Department of Applied Zoology, TARI. Wu－feng 41301, Taichung, Taiwan, R. O. C.

中華農業研究（Jour. Agri. Res. China）40(1)：57～70（1991）

本省中南部沖積土不同形態鐵在剖面中之分佈及其對土壤磷吸著的影響[1]

譚 增 偉[2]

摘要：本研究目的爲明瞭沖積土中不同形態可抽出性鐵在水、旱田土壤剖面中之分佈特性，從不同形態之土壤剖面中探究與其有關之土壤化學性質的差異，及評估此性質對土壤磷吸著的影響。所得結果如下：

1. 游離鐵(Fe_d,Dithionite法)在剖面中之含量分佈大致與粘粒一致，唯受水田表土鐵之往下移動、地下水位上下起伏及剖面質地出現極不均的情形所影響。表土之 Fe_d 與粘粒含量二者呈極顯著正相關，且Fe_d含量呈旱田較高，排水良水田次之，而排水不良水田較低之趨勢。
   無定形鐵(Fe_o, Ammonium oxalate法) 在剖面中之含量分佈則與粘粒無關而與有機質之分佈一致，即使表土具較低之Fe_d含量，Fe_d含量均以表土層最高，然後逐漸降低。表土之Fe_o含量受有機質含量及水田浸水影響，故表土之Fe_o與Fe_d不同，其與粘粒含量之相關僅呈5%顯著，且旱田者Fe_o含量明顯較水田低。
2. 鐵活性比(Fe_o／Fe_d)在剖面中之分佈亦大致與有機質一致，而表土之鐵活性比，排水不良水田最高、排水良水田次之，旱田最低，故利用此比值可將此三種不同剖面形態之土壤區分。唯表土以下之灰斑層無法以此比值鑑定。
3. 表土之土壤性質與土壤磷吸著的相關分析顯示土壤磷吸著僅與 Fe_o含量成極顯著正相關，Fe_o對土壤磷吸著的重要性遠大於Fe_d。
4. 土壤經浸水90天放乾後，僅經浸水處理的土壤，Fe_o含量較未浸水土壤增加，而添加1%有機質浸水處理者，增加幅度更大，且此效果，以旱田土壤明顯大於水田土壤。由此而導致土壤對磷吸著的增加趨勢亦同。經處理後之土壤利用草酸銨以抽出Fe_o後，磷吸著會明顯降低，且處理間磷吸著的差異亦因此而除去，顯示Fe_o確實是影響磷吸著的重要因子，唯各土壤間磷吸著的差異仍存在，表示土壤中除Fe_o外尚有其他成分參與磷的吸著作用。

關鍵詞：游離鐵、無定形鐵、鐵活性比、磷吸著、水田、旱田、排水、剖面。

本省自民國73年開始推行稻田轉作政策，今已進入第二個六年計畫，其間轉作田玉米栽培技術之研究多涉及與土壤肥力及土壤密實性有關著[5,4,3]。李氏[2]之研究則指出，新由水田轉作作玉米易發生缺磷問題，且此初轉作田之土壤有效磷含量無法以Bray或Olsen法測得之磷表示。此結果或許即與水、旱田土壤性質迥異有關，因水田與旱田土壤之生成環境不同，前者之最大特徵就是土壤經浸水而呈還原態，故在田間極易觀察到水田表土呈明顯的灰色，再加上土壤內部排水不同，自然會造成剖面形態上之差異。然國內有關比較水、旱土壤剖面形態特徵之研究並不多見，尤其針對形態特徵上之不同，而能指出有關化學性質之差異， 致影響土壤肥力方面的研究極需探討。

土壤中鐵氧化物的形態分佈及顏色特徵即爲最易受土壤剖面化育過程的影響，因此常被用來指示土壤發育的程度，或定義土類及描述某些化育層的形態特徵等[29,12,27]。又因其顏色特徵在田間極易辨識，如灰斑的存在，故更常據以區別土壤的排水情形，及解釋某些土地利用的可適用度[24,10,31]。土壤之形態，其有關性質若能經由實驗室的分析數據予以定量化，則可驗證或解釋田間觀察的結果。本研究即在探討不同形態之可抽出性鐵在水、旱田土壤剖面中之分佈特性， 希望從田間可觀察到的土壤形態上之差異， 找出與其有關土壤化學性質的不同，及評估此性質對土壤磷吸著的影響。

---

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1552 號。
2. 本所農業化學系助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

材料與方法

一、土壤調查及採樣

就本省中南部沖積土，採取水、旱田土壤剖面樣本，其中水田包括排水良與不良二種;旱田係指永久性旱田，僅包括排水良一種。調查中，對排水不良的認定標準，係採用灰斑層的定義，並規定若表土下60公分內均爲灰斑層即屬排水不良土壤，以符合土壤肥力能限分類中有關肥力限制因子“g(Gley)”之定義[15]，否則即屬排水良。總計採取79個表土樣本，每一土壤均利用土鑽作剖面觀察，並從中採取18個剖面樣本，每一剖面依顏色及質地分層取土樣，供土壤性質分析。

二、土壤性質分析

1. 一般性質:包括土壤PH、土壤質地、有機質、CEC等均依本省現行採用之方法[1]。
2. 磷吸著測定:稱2克風乾土於50ml塑膠離心管中， 加30ml30ppm P溶液(溶於 0.01M $CaCl_2$中)，及甲苯二滴，以橡皮塞塞緊置於搖動機上，搖動30分鐘後，置於30°C之保溫箱內，保溫四天，每日取出予以搖動30分鐘，四天後取出，搖動30分鐘後離心、過濾，測定土壤吸著磷的量。
3. 游離鐵(Fe_d)及無定形鐵(Fe_o):前者採用 Dithionite 抽出法[20]，後者採用草酸銨抽出法[13]。

三、土壤經浸水孵育後對無定形鐵及磷吸著的影響

土壤分浸水及添加1%有機質(加入cellulose)浸水二種處理，浸水面保持2公分，連同對照(不浸水)置於室溫下90天。土壤孵育期間，定期攪拌土壤，使土壤與容器及水之接觸面所產生的鐵氧化物沈澱能與土壤充分混合。90天後，土壤經排水，置於風乾室風乾後，分析土壤磷吸著及無定形鐵含量。所用六種土壤，取自79個表土樣本，其一般理化性質如表1。

表1. 孵育試驗用土壤之理化性質

Table 1. Some properties of soils used for incubation study

Soil No.	Location	Soil series	Texture	Clay (%)	PH	O.M (%)	CEC me/100g	Fe_o (ppm)	Fe_d (ppm)	Drainage condition
1.	南 投	軍功寮系	SiL	18.3	6.4	1.28	11.02	3 212	14 025	Well drained upland field
2.	崙 背	南 興 系	L	15.7	7.3	1.75	6.81	1 385	8 038	Well drained upland field
3.	六 脚	仁 德 系	SL	5.7	6.5	0.90	3.80	1 859	7 100	Well drained upland field
4.	水 林	弧 山 系	SiCL	29.7	6.4	2.42	11.38	4 700	14 861	Well drained paddy field
5.	南 投	軍功寮系	SiL	18.7	5.3	1.25	9.75	8 126	14 880	Well drained paddy field
6.	霧 峰	山脚鄉系	L	22.3	5.1	3.91	13.03	7 840	10 464	Poorly drained paddy field

結果與討論

一、游離鐵(Fe_d)在水、旱田土壤剖面中之分佈

因鐵氧化物與土壤顏色有密切關係，故經由田間觀察剖面顏色特徵及由表2,3,4之分析結果,比較 Fe_d 在水、旱田土壤剖面之分佈,發現水田之表土(0－15公分左右)比底土(15－30公分左右)具較低Fe_d含量，就旱田而言，此一結果並不明顯。一般而言，鐵之分佈主要受還原過程與粘粒移動之影響[18,8]，Moor[22] (及其引用Patric 及 Turner等人之結果)指出在浸水之灰粘層其氧化還原電位均小於300 mv，在此條件下，鐵可被轉變成較易移動之還原態， 因此經淋洗後其Fe_d 含量較低。本研究中各土壤均屬沖積土，尚無法單從粘粒含量探知是否具有粘粒移動之跡象，唯從本省水稻田土壤在浸水狀況下，其表土之氧化還原電位小於300mv的情形普偏發生[9]，可見在還原狀態下，鐵的移動性與淋溶性自然造成浸水耕犁層中具有較低之 Fe_d 含量 。 至於旱田，此結果並不明顯，甚呈相反的情形，即表

表2. 排水良水田土壤剖面之理化性質

Table 2. Soil properties of well drained paddy field.

Soil No.	Depth (cm)	Texture	Clay (%)	PH	O.M. (%)	Fe_o (μg/g soil)	Fe_d	Fe_o/Fe_d
1.	0-20	SiL	24.0	7.2	2.30	4 377	12 016	0.364
	40	SiCL	38.0	8.0	1.04	2 066	16 348	0.126
	70	SiL	26.0	8.0	0.94	1 801	10 926	0.165
	100	SiCL	27.0	7.9	0.83	1 110	12 852	0.086
	130	SiL	20.0	8.0	0.62	815	15 748	0.052
	150	SiL	10.0	8.0	0.51	587	12 293	0.048
2.	0-15	SiCL	29.7	6.4	2.12	4 700	14 861	0.316
	30	SiCL	33.8	7.5	0.86	757	19 452	0.039
	60	SiCL	31.8	7.3	0.65	587	16 348	0.036
	90	L	22.8	7.2	0.42	421	15 155	0.028
	120	SiL	20.8	7.1	0.41	532	15 451	0.034
	150	L	19.8	7.2	0.39	402	14 577	0.028
3.	0-15	SiCL	32.8	6.8	1.57	4 742	14 285	0.332
	30	CL	31.8	7.3	1.07	1 588	15 205	0.104
	60	SiCL	39.8	7.5	0.91	615	17 920	0.034
	80	SiCL	36.8	7.7	0.68	298	16 678	0.018
	110	SiCL	29.8	7.8	0.55	247	15 168	0.016
	140	SiL	18.8	7.8	0.36	147	11 736	0.013
4.	0-15	SiL	21.8	6.5	1.56	4 137	12 012	0.344
	30	SiL	14.8	7.1	1.88	1 185	12 569	0.094
	60	SiCL	33.8	6.9	0.79	508	18 235	0.028
	90	SiCL	28.8	7.0	0.77	508	16 678	0.030
	120	L	22.8	7.0	0.61	350	13 705	0.026
	150	L	16.8	6.9	0.32	508	10 652	0.048
5.	0-15	L	21.1	4.0	1.62	3 155	9 932	0.318
	30	L	19.1	4.9	1.46	2 568	10 983	0.234
	50	L	16.9	5.6	0.84	929	12 676	0.063
	100	L	23.9	6.3	1.41	1 217	14 691	0.083
	150	SL	5.9	6.6	0.45	191	8 679	0.022
6.	0-10	SiL	20.3	5.0	1.92	7 580	12 989	0.584
	20	SiL	22.3	5.5	1.55	7 115	14 992	0.475
	40	SiL	16.3	6.0	0.95	3 660	11 882	0.308
	60	SiL	14.3	6.1	0.57	2 520	10 780	0.234
	80	SiL	24.3	6.2	0.86	3 840	14 322	0.268
	100	SiL	22.3	6.3	0.89	3 660	13 654	0.268
	120	SiL	20.3	6.1	0.70	3 420	12 546	0.273
	130	SiL	12.3	6.3	0.47	1 860	10 340	0.180
	150	L	11.9	6.4	0.33	1 650	10 440	0.158
7.	0-20	SL	13.7	5.0	1.33	2 925	6 875	0.425
	35	SL	11.7	4.9	0.44	1 965	17 068	0.115
	65	L	19.7	5.7	1.07	2 475	6 938	0.357
	72	LS	7.0	5.9	0.43	1 783	18 740	0.095

表3. 排水良旱田土壤剖面之理化性質

Table 3. Soil properties of well drained upland field.

Soil No.	Depth (cm)	Texture	Clay (%)	PH	O.M. (%)	Fe_o (μg/g soil)	Fe_d (μg/g soil)	Fe_o/Fe_d
1.	0-20	SL	6.0	6.9	0.72	1 377	6 212	0.222
	40	SL	7.0	7.3	0.46	1 131	5 976	0.189
	70	LS	2.0	7.7	0.26	544	5 976	0.091
	100	LS	1.0	7.8	0.25	544	5 278	0.103
	140	SL	2.0	7.8	0.25	544	5 742	0.095
	150	SiL	15.0	7.3	0.65	950	9 416	0.101
2.	0-20	L	7.0	6.9	0.98	2 009	7 085	0.284
	40	L	7.0	6.7	0.66	1 669	6 364	0.262
	70	SL	2.0	7.7	0.36	850	5 426	0.157
	100	SiL	8.0	7.8	0.50	1 524	7 520	0.203
	130	SiL	5.0	8.0	0.34	850	6 603	0.129
3.	0-20	L	11.1	4.3	1.63	1 473	9 745	0.151
	35	L	13.1	4.5	1.60	1 354	9 484	0.143
	50	L	14.1	5.0	1.25	1 180	9 484	0.124
	70	L	21.1	5.6	1.36	1 333	11 363	0.135
	80	LS	7.0	6.1	0.46	904	12 204	0.074
4.	0-15	SiL	22.1	6.2	1.47	1 413	13 652	0.104
	30	SiCL	27.1	6.7	1.39	1 354	14 550	0.093
	55	SiCL	33.1	7.1	1.18	958	18 682	0.015
	75	SiCL	29.1	7.2	0.86	593	16 584	0.036
	105	SiCL	39.1	7.0	0.71	447	20 033	0.022
	130	SiL	19.1	7.1	0.45	352	15 468	0.020
5.	0-15	L	13.1	4.9	1.49	1 354	8 714	0.155
	30	L	13.1	5.6	1.11	1 180	8 968	0.132
	65	L	11.1	6.5	0.76	544	10 275	0.053
	85	L	12.1	6.9	0.54	547	14 106	0.039
	115	L	23.1	7.5	0.89	929	18 689	0.050
	130	SL	1.1	7.3	0.33	443	4 248	0.104
	150	SiL	11.1	7.1	0.85	1 100	10 756	0.102
6.	0-10	SiL	18.3	6.4	1.28	2 543	14 025	0.181
	20	SiL	16.3	6.6	1.11	2 382	13 475	0.177
	40	L	14.3	6.5	0.99	2 237	12 651	0.177
	60	L	12.3	6.3	0.86	2 114	12 377	0.171
	80	SiL	10.3	6.4	0.55	1 647	10 736	0.153
	100	SiL	22.3	6.5	0.80	2 320	14 513	0.160
	120	L	13.3	6.6	0.53	1 711	12 651	0.135
	130	L	12.3	6.6	0.43	1 310	11 829	0.111
	150	SiL	14.9	6.7	0.63	1 838	12 925	0.142

表4. 排水不良水田土壤剖面之理化性質

Table 4. Soil properties of poorly drained paddy field.

Soil No.	Depth (cm)	Texture	Clay (%)	PH	O.M. (%)	Fe_o (μg/g soil)	Fe_d (μg/g soil)	Fe_o/Fe_d
1.	0-20	SiL	23.8	4.6	2.89	5 322	7 828	0.680
	30	L	25.8	5.3	1.53	4 300	13 705	0.314
	50	L	25.8	6.5	0.55	1 244	15 466	0.087
	70	L	20.8	6.6	0.43	1 365	14 285	0.096
	100	L	18.8	6.7	0.42	1 244	14 285	0.096
	125	SiCL	29.8	6.7	0.52	1 741	16 678	0.104
	150	SiCL	30.8	6.7	0.48	951	17 295	0.055
2.	0-20	SL	17.8	5.9	3.00	5 374	7 338	0.732
	40	SL	13.8	7.2	1.36	1 488	7 582	0.196
	60	L	21.6	5.8	1.06	1 677	16 678	0.100
	70	L	24.6	5.4	1.30	1 805	13 133	0.137
	80	S	6.6	6.5	0.32	670	7 338	0.091
	100	L	21.6	6.2	1.75	3 659	11 190	0.327
	120	L	15.6	6.4	1.23	4 717	10 920	0.432
3.	0-20	SL	10.3	5.7	1.87	3 596	5 230	0.688
	35	SL	9.6	6.2	0.84	2 068	9 599	0.215
	50	SL	10.6	6.6	0.61	1 008	7 828	0.129
	75	L	14.6	6.9	0.37	1 608	11 190	0.090
	100	L	14.6	6.8	0.42	1 244	12 568	0.099
4.	0-20	SCL	20.6	5.2	2.34	4 650	6 759	0.688
	40	SCL	21.6	6.0	1.54	1 627	7 363	0.221
	60	CL	27.6	6.8	1.54	2 089	9 162	0.288
	80	L	14.6	6.9	0.79	340	10 447	0.033
	100	SL	17.6	6.9	0.46	169	10 187	0.017
	130	SL	12.6	6.8	0.33	226	7 171	0.032
	150	SL	13.6	6.9	0.32	226	9 672	0.023
5.	0-15	CL	27.9	5.6	2.37	6 975	10 463	0.667
	30	CL	27.9	6.3	1.59	6 000	11 829	0.507
	40	SiC	40.9	6.5	1.65	5 400	11 829	0.457
	50	SiCL	35.9	6.4	1.78	6 000	10 463	0.573
	60	SiCL	35.9	6.3	1.86	6 500	11 829	0.549
	75	SiCL	36.9	6.3	1.78	6 600	10 736	0.615
	90	CL	34.9	5.8	1.58	6 375	11 829	0.539
	115	CL	32.9	5.4	1.52	4 500	10 191	0.442
	130	SL	14.9	6.5	0.24	1 050	11 009	0.095
	145	SL	12.9	6.6	0.22	750	11 009	0.068

土之 Fe_d 含量比底土高，此可能與表土具較強之風化作用而釋放鐵，及在氧化狀態下鐵不易經自然淋洗而移動有關。經移動的鐵，再經氧化沈積於剖面不同深度，故一般水田土壤 Fe_d 含量在剖面中之分佈趨勢與粘粒並非完全一致(表2之1至6剖面)。至於排水不良水田，此種趨勢更不明顯(表4之1至4剖面)，顯示鐵之分佈受地下水位上下起伏之影響。相反的，一般旱田土壤，Fe_d 和粘粒含量在剖面中之分佈趨勢極一致(表3之1,2,4,5,6剖面),即剖面中Fe_d 出現最大和最小値的土層與粘粒之最大,最小値者相當。

上述鐵的移動性，不但發生在剖面上部，亦發生於部面下部。如表4之第5及表2之第7剖面，均屬剖面質地不均的情形，因在質地不均的情形下，粗質地上方之細質地土層，會因不飽和水流受阻造成土壤還原而形成灰斑[7,16]，故表4之第5剖面於砂質壤土上方形成明顯的灰斑層，在灰斑層中經還原移動的鐵，再經氧化沈澱於粗質地土層中而形成鐵聚積層，致粗質地土層中 Fe_d 含量並不低於上方細質地者，此鐵聚積層的形成過程與 Veneman[30] 和 Clothier[7] 的結果類似。又表2之第7剖面含石礫層，屬質地不均的極端情形，故於剖面深度35－65公分出現明顯的灰斑層，壤質砂土層(65－72公分)中粘粒含量雖低，其 Fe_d 含量卻爲其上方灰斑層的2.7倍，形成極明顯的鐵聚積層。此種鐵的再分佈，使得 Fe_d 與粘粒含量在剖面中之分佈趨勢並不一致。前述之剖面爲水田土壤，至於旱田土壤亦有相同結果，如表3之第3剖面，在壤質砂土之上方亦出現灰斑層(50－70公分)，此剖面形態與表2之第7剖面類似，且壤質砂土之 Fe_d 含量亦高於上方之細質地者(50－70公分)，唯此差距遠小於水田土壤者(表2第7剖面)，可能因在水田狀態下，粗質地上方之灰斑層還原時期較長，淋洗作用亦較強烈，致造成 Fe_d 之大量損失。

若僅從表土之 Fe_d 與粘粒含量之關係從79個包括水、旱田土壤樣本中，發現二者呈極顯著相關，如圖1所示。從此圖亦顯示一般旱田土壤其 Fe_d 含量較高，而排水不良水田則含量較低。

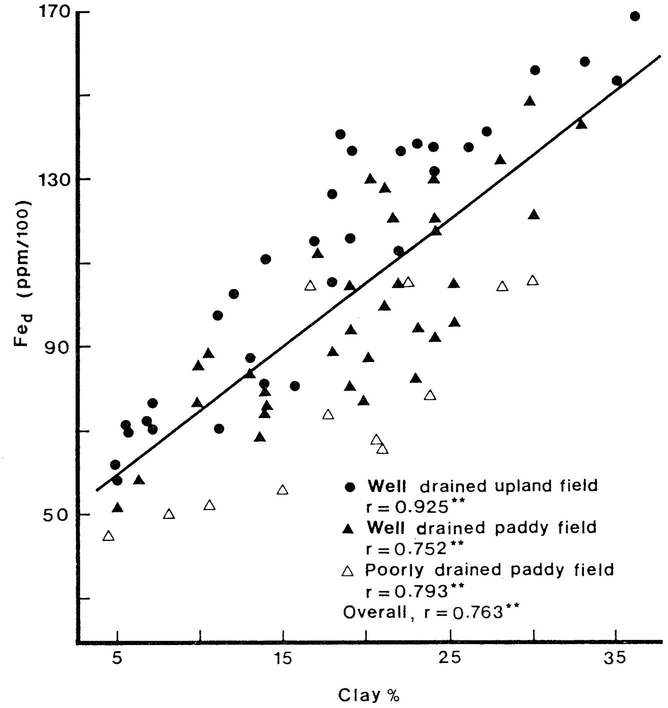


圖1. 表土之游離鐵與粘粒含量之關係

Fig1. Relationship between free iron and clay content in surface soils.

二、無定形鐵(Fe_o)及鐵活性比(Fe_o／Fe_d)在水、旱田土壤剖面中之分布

無定形鐵爲游離鐵氧化物之一部份，只是其爲非結晶性。游離鐵氧化物包括結晶性的與非結晶性(無定形的)兩種，因此無定形鐵之含量一般比游離氧化鐵之含量要低。由表2,3,4知,不論水、旱田土壤，即使表土具較低 Fe_d 含量，而 Fe_o 含量均以表土層最大，然後逐漸降低，似與剖面中有機質含量之分佈趨勢極一致(相關係數 r＝0.825**，18個剖面)，而與剖面中粘粒或游離鐵含量之分佈趨勢並不一致，且鐵活性比在剖面中雖有少許變化，但可明顯看出以表土層最大，在剖面下層最小，亦與有機質含量之分佈趨勢一致。此結果可能與表土具有較強之風化作用而釋放Fe_o[29] 及有機質會抑制鐵的結晶化有關[28]。

表2,3,4更顯示水田土壤表土較旱田土壤具較高之 Fe_o含量及鐵活性比，且表底土 Fe_o 含量差異亦以水田者較大。表2之剖面6與表3之剖面6屬同一土系，唯前者爲水田，後者爲旱田，僅由道路隔開，二者表土質地亦同，在水田利用下，故水田表土之 Fe_d 含量略低於旱田，但二者表土之 Fe_o 含量及鐵活性比差異極大，水田約爲旱田之3倍，可知浸水亦影響 Fe_o 含量，此因浸水造成還原態下有利於 Fe_o 的形成[29]。

上述結果，顯示游離氧化鐵存在狀態之差異，主要受到二種因素之影響，即受(1)有機質、(2)土壤浸水之影響。一般排水不良水田表土呈現較強還原態，及具較高之有機質含量，因此比旱田及排水良水田具極高之鐵活性比。基此特性，Fe_o 與 Fe_d 不同，從79個包括水、旱田之表土樣本中，其與粘粒含量僅呈5%顯著相關，如圖2所示。從此圖亦顯示一般旱田表土其 Fe_o 含量較低，而排水不良水田，雖然一般 Fe_d 含量較低(圖1)，但因鐵活性比較高，故 Fe_o 含量並不低於排水良之水田。

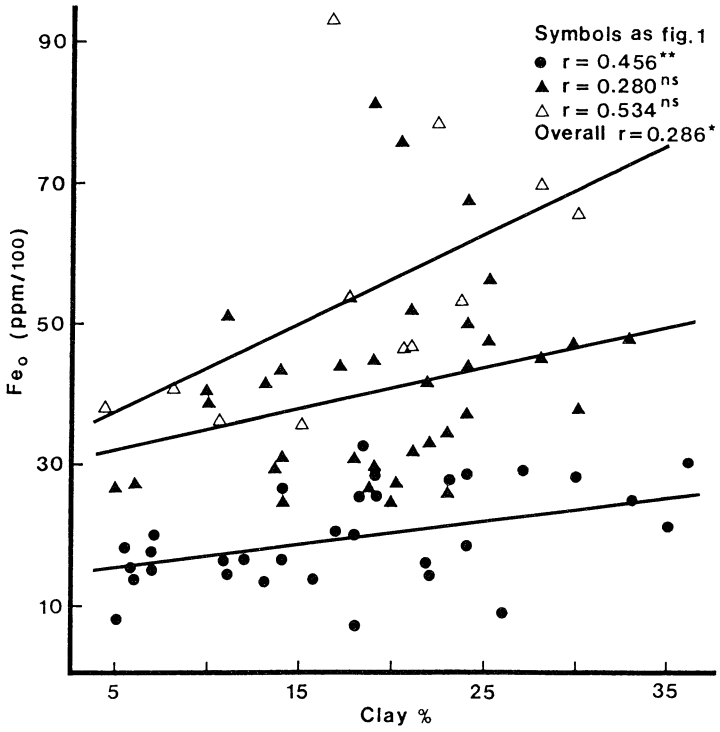


圖2. 表土之無定形鐵與粘粒含量之關係

Fig2. Relationship between amorphous iron and clay content in surface soils.

因此，利用鐵活性比似可以反映土壤化育情形，Moor[22] 指出灰粘層較非灰粘層具較高之鐵活性比，而具高有機質含量之灰壤化土層亦具較高之比值。Stonehouse 及Arnaud[29] 認爲利用上層土壤之鐵活性比可用來區別排水良好與否，當比值〈 0.35表示排水良，〉0.35表示排水不良。本研究結果，由表2,3,4比較鐵活性比在水、旱田土壤剖面分佈之差異，最主要之區別就在表土之比值;排水不良水田最高、排水良水田次之、旱田最低。圖3爲79個包括水、旱田表土之鐵活性比的分佈情形，雖然鐵活性比在剖面中大致與有機質之分佈趨勢一致(表2,3,4),但就表土而言，二者之相關關係，不論旱田、排水良及不良水田，均不顯著。其中旱田土壤比值之分佈範圍〈 0.283，排水良之水田爲0.307－0.579，排水不良水田爲0.624－0.889，故利用表土之鐵活性比值確實可以區別上述三種土壤， 即比值0.283似可暫定作爲水、旱由土壤之界限，而0.624可作爲水田土壤排水良好否之界限。

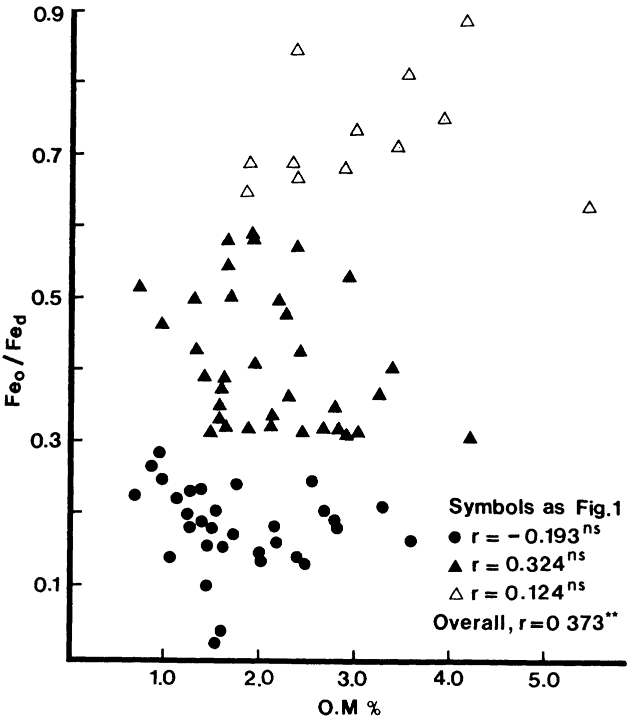


圖3. 表土之鐵活性比與有機質之關係

Fig3. Relationship between iron activity ratio and organic matter content in surface soils.

在田間鑑定土壤內部排水情形，以灰斑層之出現作爲判斷之標準，是極爲方便而可行的，然對土色觀察或有人爲誤差，故若能從化學分析上予以區分，則可補充或說明田間觀察的結果。然本研究結果，對上述土壤從表土鐵活性比之區分雖有意義， 但對表土以下，尤其剖面下部，不論是否爲灰斑層，鐵活性比之變異相當大，如表3之第5剖面，無灰斑層出現，其比值分佈範圍0.039－0.155，表4中之第4剖面，全剖面均爲灰斑層，其表土以下之鐵活性比分佈範圍爲0.023－0.221，故無法找出臨界值以區分是否爲排水不良土層。

三、表土之土壤性質與土壤磷吸著之關係

經將土壤性質中可能影響磷吸著之PH、O.M、CEC、Clay、Fe_o、Fe_d等與磷吸著作迴歸分析，發現其中三項與磷吸著達顯著或極顯著之關係，其單相關係數如表5。

表5. 土壤性質與磷吸著之相關關係

Table 5. Correlation coefficients for relationships between soil properties and P sorption.

	PH	O.M	Clay	CEC	Fe_o	Fe_d
P sorption	0.292	0.399*	0.320	0.402*	0.867**	−0.033

上表顯示CEC大，O.M、Fe_o 含量高的土壤施磷肥後被固定的機會較大。其中除CEC一項外，均甚爲合理;粘土礦物中之高嶺石類較蒙特石類固定磷較多[11]，但前者之CEC遠低於後者，此點似與本結果矛盾，係因所測定土壤不含蒙特石類粘土礦物之故。表5中僅Fe_o含量與土壤磷吸著呈極顯著相關(圖4)，又 Fe_o 爲 Fe_d 之一部份，其與磷吸著之相關係數卻遠大於 Fe_d 者，因 Fe_o 較結晶性鐵具較大的表面積[14]，其對磷的吸著力約爲結晶鐵的109倍[21]，而 Fe_d 含量高者並不表示 Fe_o 含量亦高，故 Fe_o 對磷吸著的影響，其重要性如所預期的要遠大於 Fe_d。

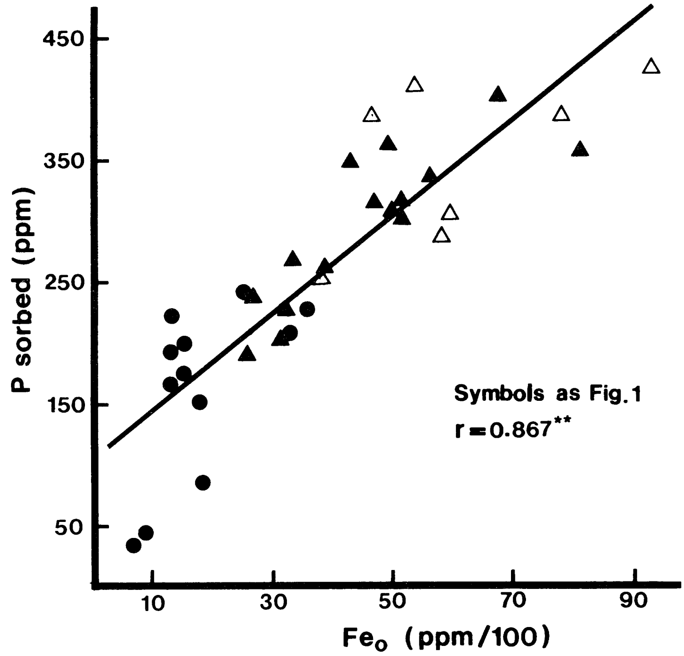


圖4. 表土之Fe_o含量與磷吸著之關係

Fig4. Relationship between P sorption and Fe_o content in surface soils.

前已述及Fe_o在剖面中之含量分佈均以表土層最高，且表土之含量一般均遠大於剖面下部，其中水田表土之Fe_o含量更遠大於旱田土壤者(圖2)，水旱田土壤此種 Fe_o之分佈差異，使得水田轉作旱作時，施磷肥被固定的情形會極嚴重，因磷肥都施於表土，而又不易往下移動。

四、浸水孵育對土壤無定形鐵含量變化的影響

土壤孵育所用之六種土壤中(表1)，1至3號爲旱田土壤，4至6號爲水田土壤，以旱田土壤之Fe_o含量較低。由表6知土壤僅經浸水處理後，Fe_o含量較未浸水處理者增加，且旱田土壤的增加幅度明顯大於水田土壤，前者的增加百分率分別爲31%、25%、21%，後者分別爲11%、8.1%、2.4%;添加有機質浸水處理者，Fe_o含量則較對照呈大幅度增加，而增加的幅度，旱田土壤更明顯大於水田土壤，前者增加百分率分別爲119.8%、102.5%、62%，後者各爲25.9%、14.9%、5%，此增加百分率之大小次序與僅經浸水處理者相同，唯增加之幅度更大。

表6. 土壤經浸水孵育後對無定形鐵含量的影響

Table 6. Effects of flooding incubation on amorphous Fe content of soils

Treatments	Amorphous Fe content, ppm					
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
1. Unflooded, check	3212	1385	1859	4700	8126	7840
2. Flooded with 0% OM	4207	1731	2249	5218	8783	8028
3. Flooded with 1% OM	7060	2805	3012	5918	9339	8231
LSD.05 between any two treatments=232						
LSD.05between any two soils=281						

上述結果表示經浸水後的土壤，Fe_o 含量的變化受原土壤還原能力的影響，旱田土壤氧化程度較水田高，故其浸水後 Fe_o 含量增加幅度大於水田土壤。添加有機質浸水，因添加之有機質供給微生物能源而增強土壤的還原作用[23]，故土壤中 Fe_o 含量更呈大幅度增加。雖然上述水田土壤(4至6號土)僅經浸水處理者，Fe_o 含量會有不同程度的增加，但此並不代表實際田間狀況的結果，因在實驗室內，土壤先經風乾，此時微生物的生態環境已改變，且室內浸水是在無滲漏的情況下進行，否則依此結果，田間水田土壤在浸水－排水的循環作業下，Fe_o 含量會逐漸增加。一般而言，水田在經年浸水－排水的正常作業下，排水後的 Fe_o 含量係表示在此平衡狀態下的含量，應不受下一作浸水－排水的影響，唯有在機質含量改變，如施用有機肥料或其它因素，致增強浸水土壤的還原程度，即可能造成 Fe_o 含量的增加。表6之6號土，取自排水不良水田，原即還原程度已高，故室內經浸水處理後 Fe_o 含量改變遠小於其他排水好之水、旱田土，又該土壤有機質含量極高(表1)，故在加入有機質浸水處理後， Fe_o 含量變化在水田土壤中增加幅度最小，更遠小於其他旱田土壤。

五、土壤經浸水孵育後對磷吸著的影響

經浸水孵育後的土壤連同對照，經加入30ml30ppm的磷溶液，測定各土壤之磷吸著量如圖5所示，其中僅經浸水處理者之土壤，其磷吸著量均較未浸水者增加，而添加有機質浸水者增加之幅度更大，且此等效果旱田土壤明顯大於水田土壤。此結果與表6中 Fe_o 的變化趨勢相一致，表示各土壤僅經浸水或添加有機質浸水處理後，所增加之磷吸著量即可能受 Fe_o 含量增加的影響。

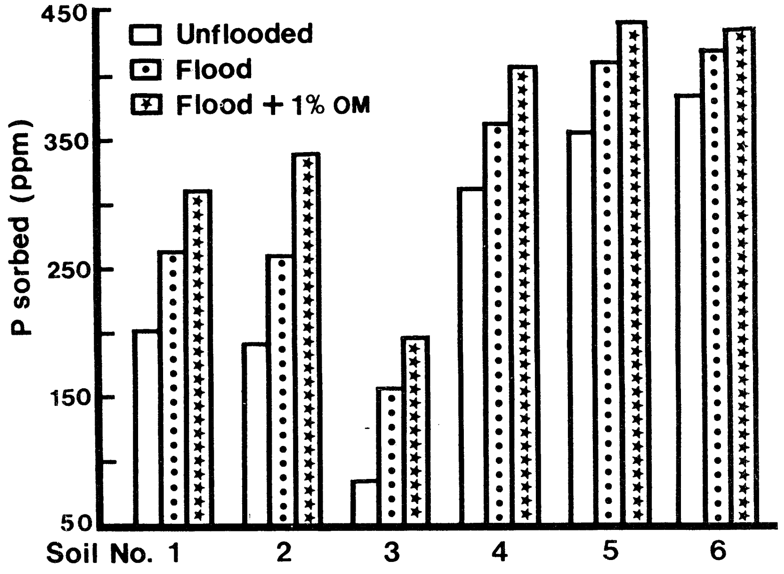


圖5. 土壤經浸水孵育後對磷吸著的影響

Fig5. Effects of flooding incubation on P sorption of soils.

將浸水後的土壤，連同對照，用草酸銨抽出以除去 Fe_o 後，經加入30ml30ppm磷溶液所測之磷吸著量如表7所示：

表7. 經浸水孵育後之土壤,用草酸銨抽出無定形鐵後對土壤磷吸著的影響

Table 7. Effects of extracting flooding－treated soils with 0.2M ammonium oxalate on P sorption

Treatments	P sorption, ppm					
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
1.Unflooded, check	171	118	25	264	245	65
2.Flooded with 0% OM	160	122	34	282	251	60
3.Flooded with 1% OM	174	125	37	271	234	72
$LSD_{.05}=14$						

此時土壤之磷吸著量顯然較未經草酸銨抽出者(圖5)降低，且原先因浸水及添加有機質浸水處理所造成磷吸著量的差異亦大部分經由除去 Fe_o 後而消除，此即證實土壤因浸水及添加有機質浸水所造成磷吸著量的增加，Fe_o 確實是影響的重要因子。土壤中 Fe_o 較結晶鐵具較大的表面積(14)，其對磷的吸著力亦百倍於結晶鐵者(21)，因此 Fe_o 被抽出後即減少了對磷吸著的表面積，而磷吸著量即呈大幅度降低。由於土壤中除了 Fe_o 外尚有其他成分參與磷的吸著作用(25)，故利用草酸銨除去 Fe_o 後，表7中各土壤間磷吸著的差異並不能因此而消除。

土壤經浸水放乾後，Fe_o 含量的增加似起因於三價鐵的結晶化合物經溶解再沈澱所產生， 同時此一過程即提供磷產生包裹作用的良好環境。Sah 等人(26) 指出此過程會導致包裹性磷(occluded phosphates)和鐵磷(Fe－P)含量的增加，而以包裹性磷佔優勢。一般而言，包裹性磷在氧化的環境下，因包覆的鐵氧化物之不溶性，致磷無法爲旱作物吸收而成爲非有效性(19)。本省推行稻田轉作後，發現初由水田轉爲旱田之土壤易發生缺磷的問題(2)，其中涉及 Fe_o 增加土壤對磷的吸著力及其所導致磷形態的轉變，可能即爲影響的重要機制。至於轉作田不論因排水不良(10) 或犁底層(714) 等因素均會限制玉米根系分佈極淺，而此區域又是剖面中磷固定最強的部份，此情形會使缺磷的問題更嚴重。又土壤經添加有機質浸水後會明顯增加土壤對磷的吸著力(圖5)，故對水田施用有機質後之轉作旱作，此等缺磷問題可預期更易發生。

參考文獻

1. 台灣省農業試驗所 1981，作物需肥診斷技術。
2. 李子純，1988，轉作玉米田土壤肥力限制因子研究。中華農業研究37(2):165－176
3. 連　深，1986，轉作田玉米肥料需要量與土壤肥力之關係。中華農業研究35(3):318－344
4. 連　深，1988，轉作田玉米生育特性及肥培管理。II播種行深犁及肥料深施之效果。中華農業研究37(2):151－164
5. 連　深，王鐘和，1988，轉作田玉米生育特性及肥培管理， I.子實收量之期作間和土壤間差異及有關因素。中華農業研究37(1):32－46
6. 孫存禮、楊策群 1989，台灣沖積土排水不良問題之發生。中國農業化學會誌27(1):38－45
7. 郭鴻裕、林登鴻、向爲民，1985，玉米米根系分佈與土層硬度之關係。台灣省農業試驗所民國七十四年年報。
8. 陳尊賢，1984，台灣水田土壤調查與分類之今後模式－ 桃園濱海地區水田土壤之生成、化育與分類之研究。國立台灣大學博士論文。
9. 鄭安帝，1985，本省土壤水稻生產限制因子之綜合探討。國立中興大學碩士論文。
10. 譚增偉，1987，以灰斑層作爲台灣農田旱作生產力分級之探討。國立中興大學碩士論文。
11. Bear, F.E.1961. Chemistry of the soil . 2nd End. Rainhold Publishing Crop, New York.
12. Blume, H.P., and U. Schivertmann. 1969. Genetic evaluation of profile distribution ofAl. Fe. and Mn

oxides. Soil Sci. Soc.Am.Proc.33:438－444.

13. Borggaard, O.K. 1981. Selective extraction of amorphous iron oxides by EDTA from soils from Denmark and Tanzania. J. Soil Sci. 32：427－437.

14. Borggaard, O.K. 1982. The influence of iron oxides on the surface area of soil. J. Soil Sci. 33:443－449.

15. Buol,S,W., P.A. Sanchez, K.B. Cate, and M.A.Granger. 1975. Soil fertility Capability classification:A technical soil classification system for fertility management . PP.126－145. E.Bronemisza and A. Alvardo(eds):Soil management in tropical America. North Carolina State University, Raleigh,N.C.

16. Clothier,B.E., D.R.Scotter, and J.P.Kerr. 1977. Water retention in soil underlain by a coarse-textured layer:theory and a field application. Soil Sci. 123:392－399.

17. Clothier,B.E., J.A. Pollok, and D.R.Scotter. 1978. Mottling in soil profiles containing a coarse-textured horizon. Soil Sci. Soc.Am.J.42:761－763.

18. Goth ,S.1976. Distribution of total and extractable forms of iron, manganese, and aluminum in development of rice soils of Saga polder lands. Soil Sci. Plant Nutr. 22:335－344.

19. Mahapatra, I.C., and W.h. Patrick, Jr.1969. Inorganic phosphate transformation in waterlogged soils. Soil Sci.107:281－287.

20. Mehra,O.P,and M.L.Jackson. 1960. Iron oxides removed from soils and clays by a dithionite－citrate system buffered with sodium bicarbonate. Clays and Clay Minerals. 7:317－327.

21. Mitchell, B.D.,V.C.Farmer, and W.J. Mchardy. 1964. Amorphous inorganic materials in soils .Adv. Agron. 16:327－384.

22. Moor, T.R. 1973. The distribution of iron, manganese, and aluminum in some soils from Northeast Scotland. J.Soil Sci.24:162－171.

23. Ponnamperuma, F.N. 1972. Chemistry of submerged soils. Adv. Agron. 24:29－96.

24. Richard Diers., and Dr. James L.Anderson. 1984 Part I. Development of soil mottling. soil Survey Horizons. 25(4):9－12.

25. Sah,R.N., and D.S. MIkkelsen. 1986. Effects of anaerobic decomposition of organic matter on sorption and transformation of phosphate in drained soils:1.Effects on phosphate sorption . Soil Sci. 142:267－274.

26. Sah,R.N., and D.S.MIkkelsen. 1986. Effects of anaerobic decompostion of organic matter on sorption and transformation of phosphate in drained soils:2. Effects on amorphous iron content and phosphate transformation . Soil Sci.142:346－351

27. Santos, M.C.D., R.J.St.Arnaud, and D.W.Anderson. 1986. Iron redistribution in three Boraffs(Gray Luvisols) of Saskatchewan. Soil Sci.Soc.Am.J.50:1272－1277.

28. Schwertmann. U.1966.Inhibitory effect of soil organic matter on the crystallization of amorphous ferric hydroxide. Nature. 212:645－646.

29. Stonehouse, H.B., and St.Arnaud, R.J.1971. Distribution of iron, clay and extractable iron and aluminium in some saskatchewan soils. Can.J.Soil Sci.51:283－292.

30. Veneman, P.L.M., M.J.Vepraskas, and J. Bouna. 1976. The physical significance of soil mottling in a Wisconsin toposequence. Geoderma. 15:103－118.

31. Vepraskas, M.J., F.G.Baker, and J.Bouna. 1976. Soil mottling and drainage in a Mollic Hapludalf as related to suitability for septic tank construction. Soil Sci. Soc.Am.Proc. 38:497－501.

32. Watanable,F.S., and S.R. Olsen.1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and $NaHCO_3$ extracts from soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29:677－698.

Disrtibution of Different Forms of Iron within Profiles from Alluvial Soils of Central-South Taiwan and Its Effect on Phosphate Sorption[1]

Tseng-Wei Tan[2]

Summary

The distribution of extractable forms of iron within profiles was described for rice soils and upland field from alluvial soils of central-south Taiwan. The different properties of profiles with various soil morphology was investigated and evaluated its effect on P-sorp tion. The results are summarized below:

1. The distribution of free iron content (Fe_d, dithionite-extractable) within soil profiles not completely concided with that of clay content, reflecting the influence of fluctuating water tables, downward movement of Fe_d in surface soil under paddy condition, and texture discontinuity within profile on the distribution of iron. There was the high correlation between Fe_d and clay content in sruface soils; however, the largest content of Fe_d was usually found in upland fields, followed by well drained paddy fields, and the lowest in poor drained paddy fields.

The distribution of amorphous iron content (Fe_o, oxalate-extractable) within profiles concided with that of organic matter content, but generally it did not correspond to clay content. The maximum for Fe_o, however, was usually in the surface soil in spite of its Fe_d depletion. Fe_o content in the surface soil was affected by organic matter content and flooding, therefore Fe_o contern, differing from Fed, was correlated with clay content with 5 % significance. However. Feo content in surface soils of upland fields was much lower than that of paddy fields.

2. The active iron ratio (Fe_o/Fe_d)decreased with depth down the profile and generally corresponded with organic matter content. The Fe_o/Fe_d ration in the surface soils could be used to separate well drained upland fields, well drained paddy fields, and poorly drained paddy fields. Layers below surface soils, exhibiting gley morphology, showed no difference in the Fe_o/Fe_d values, compared with their nongleyed counterpart, so that the Fe_o/Fe_d ratio could not be used to separate gleyed or nongleyed horizons below surface soils.

3. Among all the properties of the surface soils,only the Fe_o content was high correlated with soil P-sorption. The effect of Fe_o on P-sorption was much more important than that of Fe_d.

4. The soils were ammended with o and 1% organic matter as cellulose and kept flooded for 90 days. Upon soil-flooding and draining, the Fe_o content increased in each soils. With the application of 1% organic matter at the time of soil flooding, the Fe_o content increased by a large magnitude.

These effects for the soils from upland fields wewe much larger than those from paddy fields, there was the same trend for the effect on P-sorption.

When the soils with or without organic matter treatment during flooding were drained, air-dried, and extracted with ammonium oxalate, P-sorption decreased. This extraction also eliminated the difference in P sorption due to prior flooding. These implied that Fe_o seemed to be responsible for the P sorption. The difference in P sorption among the soils, however, was not removed by this extraction. This indicated that soil properties other then amorphous Fe content of soil may also be responsible for the P sorptivity.

Key Words : Free iron, Amorphous iron, Active iron ratio, P-sorption, Paddy field, Upland field, Drainage, Profile.

1. Contribution No. 1552 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Research assistant, Department of Agricultural Chemistry, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan 41301, R. O. C.

中華農業研究（Jour. Agri. Res. China）40(1)：71～89（1991）

電子相對濕度計之性能評估[1]

陳加忠　賴建洲　曹之祖[2]

摘要：此研究利用飽和鹽溶液產生之相對濕度環境爲標準值進行五種電子相對濕度計之性能評估。有關測定性能包括準確性、精密性，持久性與老化現象之影響。利用迴歸分析技術以建立適當的校正方程式。

實驗結果顯示電容式感應器對所有相對濕度範圍具有良好之精密性，然而電阻式感應器只在低和中範圍有效。電容式濕度計之最佳校正方程式爲二次式，其準確性低於1.0%RH，電阻式濕度計之校正方程式爲含四次式之多項式，誤差值於3.5%RH以上，在半年的連續使用情況下，電容式濕度計老化現象並不顯著。

關鍵詞：電子相對濕度計，校正方程式

隨著科技之進步，環境相對濕度的量測（Measurement)與控制已逐漸爲研究者所重視，有關之應用有如農業設施內濕度之控制（如：畜舍、溫室…等），農產品平衡相對濕度之量測和農產品之貯存環境等。因此相對濕度量測設備的性能也更爲重要。

空氣中相對濕度之定義和應用範疇繁多[3]，如相對濕度（RH, Relative Humidity），部份壓力（Partial Pressure），露點溫度（Dew Point Temp.），濕球溫度（Wet bulb Temp.），…等，而其測定設備亦有多種。隨著電子工業和材料科學的進步，利用電子原理以測定相對濕度的感應器（Sensor）其性能已有顯著之改良，而其應用於農業之範圍也逐漸擴大[10]。因此在此研究中，針對利用電子原理所開發之電阻式（Resistance）和電容式（Capacitance）相對濕度感應器進行其性能之測定，以探討比較其應用性能。

此論文之研究目的如下：

(1)探討利用飽和鹽溶液做爲相對濕度標準產生裝置之特性。

(2)定義感應器的各項性能和其影響因子。

(3)評估相對濕度感應器之各項量測性能。

(4)研究相對濕度感應器之最佳校正方程式。

(5)比較評估各種相對濕度感應器之性能。

文獻探討

(一) 電子式相對濕度感應器作業原理

A.電阻式感應器（Resistive Hygrometer）

此種感應器之主要作用原理是利用環境濕度對於感應元件電阻係數之影響，而將此影響值轉

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1554 號。
2. 本所農機系副研究員、助理研究員及技士。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

換成相應之相對濕度值，主要使用之感應元件有 (a) 半導體元件，(b) 高分子薄膜[18]。此種感應器之成本低,但其適用範圍較窄，精密度也差[18]。

B.電容式濕度計（Capacitive Hygrometer）

此種感應器之基本原理是利用高分子薄膜元件其電容量與環境相對濕度之相關性以轉換爲可輸出之相對濕度值。元件構造類似三明治，由兩層多孔性電極體包夾一層吸濕性聚合體（Hygroscopic Polymer）。由於外界濕度之改變，影響了吸濕聚合體的吸濕性，而其物性也爲之改變如非傳導係數（dieletric constant oastant） 和電容值。

（二）濕度計之校正方式

濕度計之校正是將此感應器置放於一穩定的濕度環境之中比較其讀出訊號和標準值之差異而再進行調整。常用之標準濕度產生方式有雙溫度法，雙壓力法，合流法與定點溫度法[1]。

（三）相對濕度感測器之性能：

A.性能定義

爲避免名詞使用之混淆，有關相對濕度感應器之性能定義如下：

a.準確性（Accuracy）

量測值（Measurement Value）與眞實值（True Value）之接近程度，兩者之差異愈小則準確性愈好。

b.精密性（Precision）

感應器量測時其重覆性或是多次量測時其數據之差異性。上述兩項性能在統計上之意義如下：準確性良好即代表數據之分佈成集中狀態。在統計學上可以以離差值（S, Deviation）代表，離差值愈小代表精密性愈好。另一用以比較精密性之統計量爲變異係數（Coeff. of Variation, C. V.），C. V.＝ S／X, X 爲平均值，C. V. 值愈小代表精密性愈好。

c.遲滯性 （Hysteresis）

感應器量測值因量測過程所受之影響，如自低而高，再由高而低，兩段路徑在同一標準值時其量測值之差異性。

d.穩定性 （Stability）

感應器在一段長期量測之穩定性能，此即時間對性能之影響。

B.量測誤差之產生：

相對濕度感應器之主要誤差可分爲兩類：系統性誤差 （Systematic errors）和任意性誤差（Random error）[9,12]。系統性誤差之主要產生原因是源於儀器本身非線性（Nonlinearity） 特性與周圍環境如溫度之影響。此種誤差是屬於儀器本身之特性，可介由各種方式加以消除。任意性誤差的產生主要來源於感應器之遲滯效應和其校正過程之任意誤差；此種任意誤差通常無法消除，而成爲感應器之主要性能比較關鍵。

因溫度產生誤差的主要原因在於溫度影響了感應器吸濕物性，亦影響了環境內水氣之非電傳導係數與連結線路的電阻，電容等物性，不同的廠商對於溫度誤差影響的消除方法也爲之不同，例如利用溫度補償線路或是建立溫度對輸出訊號修正值之相關函數。

感應器之遲滯性受到其量測範圍，歷程，量測時間 （Exposure time），量測時環境溫度…等因素所影響。由於其複雜多變性，此誤差被歸類於任意性誤差。在校正誤差方面，因其受校正標準之影響，其誤差主要來自校正標準製作時之誤差，因此亦被研究者歸於任意誤差。

影響感應器性能之另一原因爲儀器老化（Aging）問題，其源由在於儀器自身因使用時間而產生老化現象，此誤差與感應元件之材料特性有關無法歸類於任意性或是系統性。

（四）統計方法應用於濕度計性能評估

A. 平均值與離差值

計算量測平均值與標準值的差異值，將各差異值之絕對值總和加以換算總平均值，此爲研究者最常利用的方式。在1980年代之前之感應器性能研究均屬於此類方式，如 Labuzaet al, ，依此判斷電感式感應器準確性不低於2.0%RH[8]。Troller 對於Sina Scope感應器的測定中，其量測範圍爲74－99% RH，其估計準確性爲1.0%[16]，Stolofd 對於某種以固態飽和鹽基爲感應元件之相對濕度計的性能研究結果顯示準確度在1.0%RH之內[15]。

上述利用平均值和離差值爲比較標準之主要問題在於未考慮全部範圍之影響，由於非線性誤差之影響，感應器在較高和較低RH的範圍區域其誤差值較大，且此種誤差具有規則性[12]。只以個別位置誤差絕對值加以總和並不能顯現量測範圍對誤差之影響性。在精密性的另一種比較標準是利用重覆數據的平均值與離差值以計算信賴區間 （Confidence interval），再以此估計量測時所需重覆次數，或檢查是否有離群值存在，此方法爲 Troller，Favetto et al 與 kitic et al. 等研究者所利用[4,7,16]。

B. 迴歸分析技術

製造廠商對於濕度感應器之校正方法通常以點校正爲主。將感應器置於已知標準值環境空間之內，再調整感應器讀出值至標準值，此種方式經常只執行一或兩點，因此可稱爲感應器性能點校正（Point estimation）。

隨著迴歸分析技術的進步，感應器的校正研究亦開始採用此統計方法。Favetto et al. 對Vaisala感應器性能研究中以6種飽和鹽環境內所測得的讀出值與標準值兩者進行迴歸分析[4]，結果顯示非線性模式，$y = a.exp(b^x)$ 之準確性比線性模式更佳。Stamp et al. 在對於Rotronics與 Sina 兩種感應器之性能研究中[14]，利用線性迴歸模式以表達讀出值與標準值之關係，此模式具有相當高的決定係數值（Coefficient of determination），但在高和低之RH範圍有較大的誤差值。Kitic et al. 對 Novasina 感應器之研究中[7]，以七種飽和鹽溶液（RH 範圍爲58%～97%）爲標準相對濕度環境，結果顯示線性模式有相關性（$r^2 = 0.9986$）存在。Sagny 與 Drew 在Rotrnic DT感應器的研究中[13]，利用 8種飽和鹽溶液（RH 範圍11.3～84.3%）以建立迴歸校正直線方程式，並以詳細之計算以描述此迴歸直線之各項統計量，然而上述諸作者均未討論直線模式的適稱性。

由上述的研究可知，適切的校正方程式是改善濕度感應器性能的主要關鍵。由於迴歸分析技術的進步，有許多應用原理可用以改良分析濕度感應器之性能。傳統之研究以直線模式爲主，而此模式是否適當未曾有詳細之研究。

C. 校正方程式的評估標準

大多數的研究人員對校正方程式的判別標準仍以決定係數（R）爲主，R^2愈接近1.0代表此方程式愈好，此標準的計算十分簡易但是無法說明模式是否能合理描述數據的適稱性和預測性[6,11]。

在迴歸模式的適稱性研究中，Weisberg[17] 將迴歸模式的誤差分爲兩類：固定性（Fixed）誤差和任意性（Random）誤差。固定性誤差來自模式之不適當，即模式無法完全描述數據的分佈。任意性誤差來源於自然發生而無規律性。

此迴歸誤差的概念可應用於濕度感應器性能之研究，在對標準值與量測值兩者數據進行迴歸分析時，感應器系統性之誤差在溫度影響方面已可應用硬體技術加以克服，而非線性誤差方面可利用迴歸分析技術，以適用方程式的建立以消除此固定性誤差。迴歸模式之任意性誤差可視爲感應器本身任意性之遲滯效應，校正誤差和量測之任意誤差所引起。因此以適當模式

消除固定誤差之後，其殘差可視爲僅因任意誤差所造成。

在統計學理上比較模式適稱性（fitting－agreement）和預測性（Predicted ability）的定量和定性應用標準簡介如下：

(a)估計值標準差（Standard Error of the Estimated Value, S.E.）或 s. 此統計量用以評估模式適稱性，其計算公式如下：

$$S.E.=\frac{\sqrt{\Sigma(y-\hat{y})^2}}{n-p} \quad (1)$$

在此y爲量測值，$\hat{y}$爲模式之適稱值，n爲數據數目，p爲模式之參數數目。

此統計量有項重要意義，(1) 考慮參數數目對於模式之影響，(2) 與量測值有相同的單位，可做爲性能比較之依據。由於此統計量容易受到少數極大殘差值所影響，因此在執行迴歸分析時必須包含離群值（Outliers）之檢定。

(b)預測殘差和（Prediction Sum of Squares, PRESS），此統計量係採用以估模式的預測性能，PRESS 值之計算方式如下：在所有數據（n組）中去除第一組數據，利用其餘之數據組（n－1）組進行迴歸，求得迴歸模式 I。再將第一組數據代入此模式I以計算其預測值$\hat{y}_{1.-1}$, 第一組數據之預測誤差即爲 $e_{1.-1}=y_{.}-\hat{y}_{1-1}$。然後第一組數據再合併於原先數據組而刪除第二組數據，以殘餘之（n_{-1}）組數據進行迴歸而得到迴歸模式II。以第二組數據代入模式II計算其預測值$\hat{y}_{2.-2}$，此第二組數據之預測誤差爲$e_{2.-2}=y_2-\hat{y}_{2.-2}$。由此連續性計算可得一組殘差值（$e_{i.-i}(_{i=1.2.\cdots n})$），此種殘差之平方和爲：

$$PRESS=\sum_{i=1}^{n}(e_{i.-i})^2$$

由於$y_{i.-i}$ 與y_i 值彼此獨立，因此 PRESS殘差值可視爲眞實預測殘差（True prediction errors）。觀察值 y 並未同時用於進行模式之迴歸分析，因此可視爲一良好之預測性標準。

爲避免少數極大數值的 PRESS殘差值嚴重地影響了PRESS值，亦可利用PRESS殘差值絕對值的總和做爲比較標準，此統計量之代表符號爲$\Sigma\mid e_{i.-i}\mid$。

(c)殘差圖

殘差值對預測值的數據分佈圖是一種檢查模式適切性良好定性標準。若模式只具有任意誤差，此分佈爲均勻性。若有固定誤差存在，則分佈將爲一明顯的趨勢。

D.數據組的比較

在比較不同的數據組其差異性是否顯著，可利用F－統計量以進行比鑑定[17]。

材料與方法

(一) 飽和鹽溶液

在此研究中利用十四種飽和鹽溶液以產生標準相對濕度環境以供濕度感應器性能測定之用，飽和鹽溶液產生之標準相對濕度值和離差值如表 1 所示。各感應器讀出值與標準值之分佈圖形稱爲校正曲線（Calibration Curve）。

表1. 各飽和鹽溶液產生之平衡相對濕度準值

Tacle 1. The ERH(%) values of Selected Saturated Salt Solutions (25°C)

LiBr	6.37 (0.52*)	NaBr	57.57(0.40)
KOH	8.23 (0.72)	KI	68.86(0.24)
LiCl	11.30 (0.27)	NaCl	75.29(0.12)
CH_3COOK	22.51 (0.32)	KBr	80.89(0.21)
$(Mgcl_2).6H_2O$	32.78 (0.16)	KCl	84.34(0.26)
K_2CO_3	43.16 (0.39)	KNO_3	93.58(0.55)
$Mg(NO_3)_2.6H_2O$	52.82 (0.22)	K_2SO_4	97.30(0.45)

From ： L. Greenspan, 1977
* ： The deviation values of the standards

(二) 濕度感應器

此實驗所用之感應器共有五種廠牌，依其原理分述如下：

A. 電阻式感應器：

此感應元件爲 Niniaturized Dew Sensor － P Type (Hosios) ，廠商目錄並未提供其準確性資料，而其反應時間通常需要10分鐘以上，其適用範圍爲0～60°C ，0～100% RH。作用原理是利用環境相對濕度對感應元件電阻係數之影響性。

B. 電感式感應器

a. TRH3A型

製造廠商爲日本神榮電子機械會社，除附有廠商自行測定之校正曲線之外，無詳細規格可參考。量測之濕度值可直接讀出。

b. Humidity Transmitter HMD 30UB

製作廠商爲芬蘭 Vaisala公司，其主要規格如下：

感應元件： Humicap H 0062

量測範圍： 0 －100% RH

準確性 (20C) ：± 2% (0 －90% RH)

± 3% (90 －100 RH)

溫度修正係數：眞實性：量測値 ＊K

$K = 1.041-0.0036\ T + 8.3 * 10^{-5} .T^2-3.5\ x10^{-7}.T^3$

T ＝ 周圍溫度 (°C)

c. Rotronic Hygromer Transmitter (I－100)

製作廠商爲瑞士 Rotronic 公司，主要規格爲

感應元件： Rctionic Hygromer C－83－N.

量測範圍： 0－100% RH

準確性： ± 1.5% (0－100% RH)

遲滯性： 0.5% 以內

穩定性： 1.0% RH (12月之內)

反應時間： 10 秒之內

溫度係數： ± 0.05% RH／0°C

d. Rotronic Hygroskop GT－P Sensor

製作廠商爲瑞士 Rotronis 公司，主要規格如下：

感應元件： Rotronic C80 Hygromer

量測範圍： 5－100% RH

準確度 (25°C) ：± 2%

遲滯性： 小於 1%

反應時間： 〈10 sec

溫度係數： ± 0.05% RH／C

此感應器附有顯示幕，可直接讀出相對濕度值。

(三) 感應器性能測定方法

十四種飽和溶液分別調製於250ml之三角玻璃瓶內，充分攪拌並逐次加入鹽劑直到有足夠之飽和鹽析出，在量測時，感應器通過橡皮塞以密開狀態避免外界空氣流入（圖1）。每次更換不同溶液容器時，飽和液均充份攪拌以加速平衡，量測溫度固定於25°C，外置之恒溫箱溫度變異性爲 ±0.1。

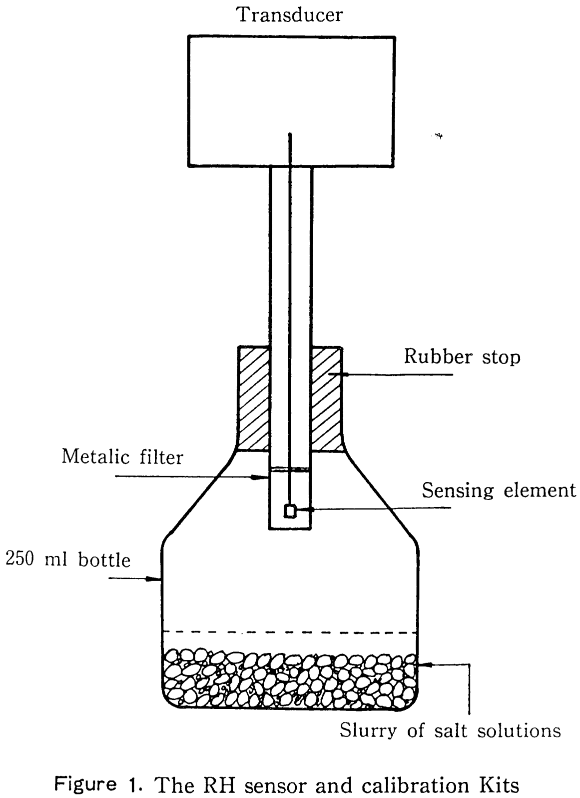


Figure 1. The RH sensor and calibration Kits

圖1 相對濕度感應器與校正裝置

重覆記錄感應器其不同標準環境時之讀出值，並依其量測歷程觀察其遲滯性，在長期穩定性方面，以兩個月爲量測期限，觀察長期性使用對於其性能之影響。

(四) 統計技術應用

A.準確性與精密性

在此研究中，觀察電阻感應器，Rotromic GT－P感應器和 Vaisala HMD 30UB transmitter 之準確性和精密性，以多次量測之平均值和離差爲比較依據。並以上述兩型電容式感應器觀察遲滯性對量測性能之影響。

B.校正方程式之建立

校正方程式用以表達測值和標準值之關係。模式適稱性的比較標在定性檢驗方面爲殘差圖，定量檢驗標準爲 S.E. PRESS, PRESS 殘差絕對值總和，爲避免離群值對於殘差平方值總和有鉅大影響，以Cook's Distance 爲判標準[11]。

C.感應器讀出數據組之比較：

以評估所得最佳校正方程式爲比較模式，依F－檢定技術執行各組校正曲線數據之比較，以檢查不同時期或相同廠牌，不同組件感應器之性能。

D.老化對量測性能之影響·

以S. E. 爲比較基準，觀察比較感應器因使用時期老化現象對性能之影響。

結果與討論

(一) 感應器輸出值平衡狀態之時間需求。

濕度感應器置於校正用標準相對濕度環境之內，所需平衡時間如圖2、3所示。以0.1%之讀出值不再變動時爲平衡狀態，由於感應器對環境的反應時間均在30秒內，平衡所需時間爲每次更換感應器至新的校正容器時，容器大氣環境重新成平衡狀態之時間。

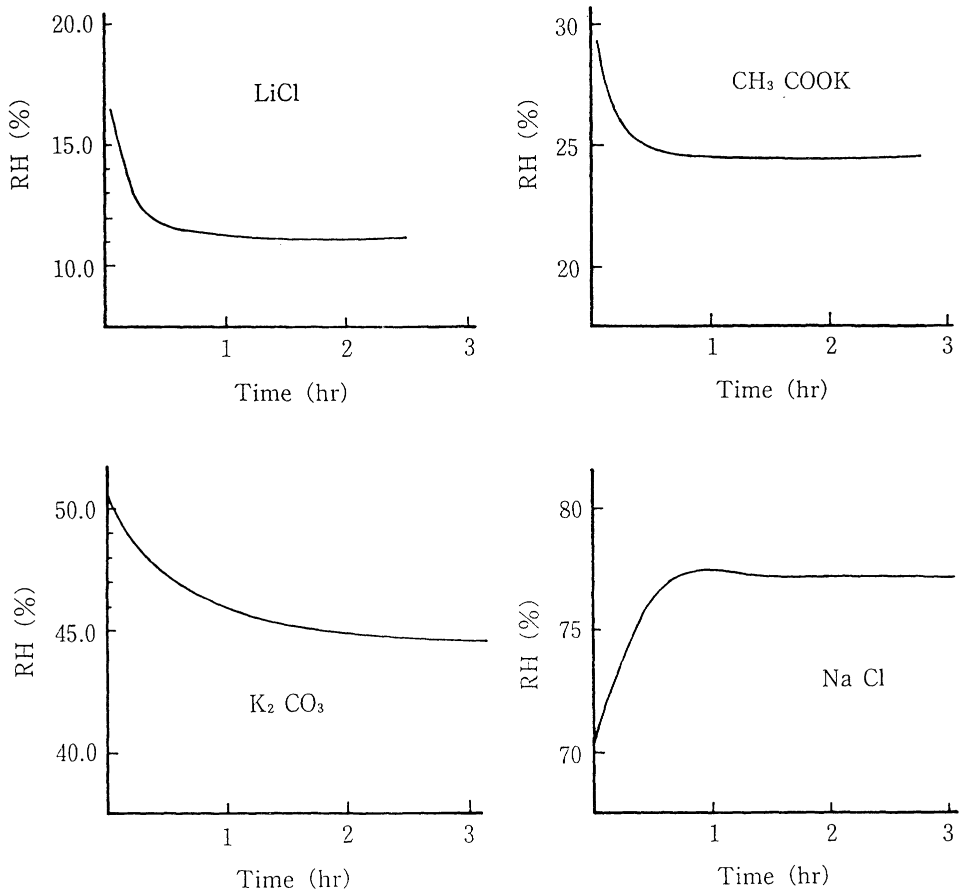


Figure 2. Equilibration time of Rotronic GT-P sensor for ERH measurements of four salt solutions at 25°C

圖2. Rotronic GT-P 感應器在四種飽和鹽溶液內相對濕度量測定所需平衡時間

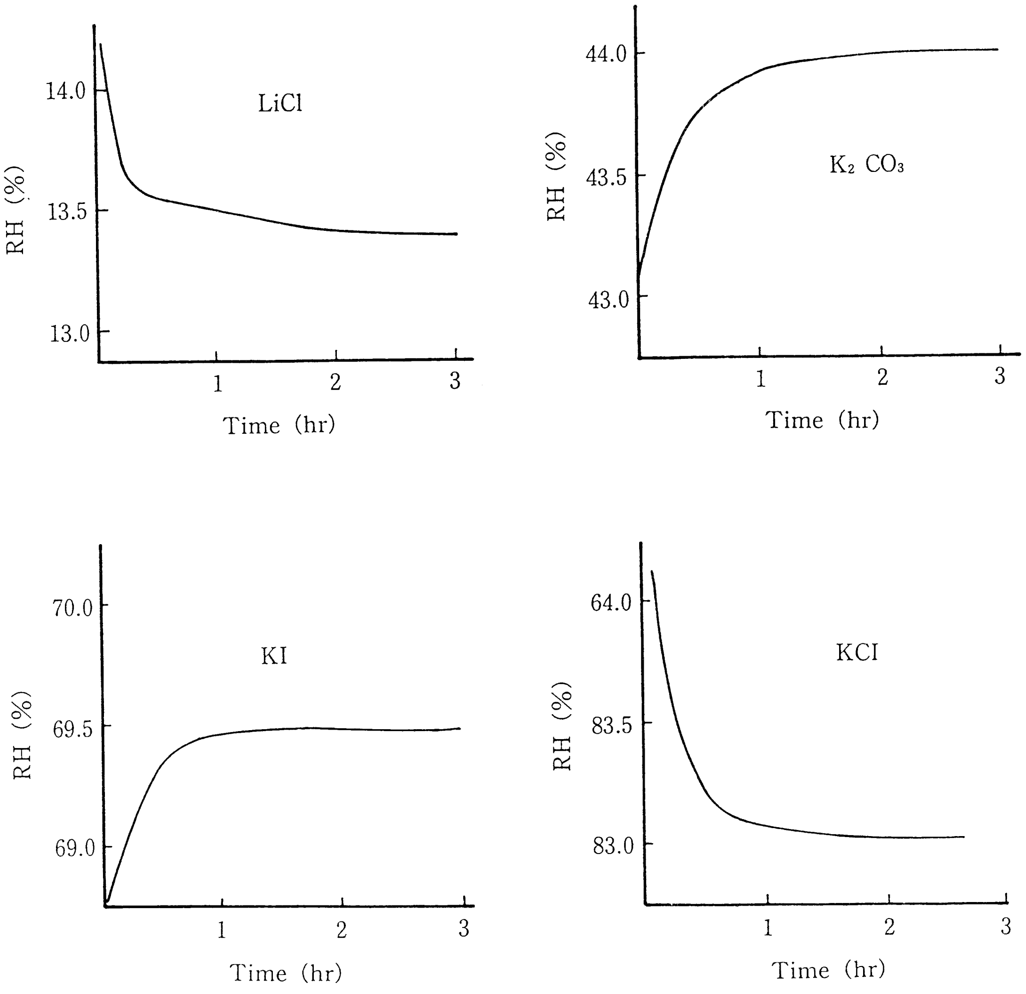


Figure 3. Equilibration time of Vaisala sensor for ERH measurements of four salt solutions at 25°C

圖3. Vaisala 感應器在四種飽和鹽溶液內相對濕度量測所需平衡時間

由表2可知大多數之飽和鹽溶液與密閉容器內大氣環境平衡所需時間於2.5小時內可完成，但在低相對濕度之校正容器之內（如KOH, Licl）所需平衡間較長，因此在進行同時校正時，影響了其他校正空間內感應器之更換。

利用分流原理以製作標準相對濕度校正裝置以達實用化[2]，此可為大量感應器於短期內完成校正之用

（二）精密性與重覆性

此項性能測定所用濕度計為Rotronic GT－P感應器和Vaisala感應器兩者均為新購狀態。在此研究中用以評估感應器之精密和重覆性。

A. Rotronic GT－P 感應器

表2. 飽和鹽溶液在25°C時容器系統所需平衡時間

Tacle 2. Equilibrum time of Saturated Salt solutions at 25°C Solutions

Salt solution	Time(hr)	Salt solution	Time(hr)
LiBr	6.0	NaBr	1.0
KOH	6.0	KI	1.0
LiCl	4.5	NaCl	1.5
CH_3COOK	1.5	KBr	1.5
$Mgcl_2 \cdot 6H_2O$	2.5	KCl	1.5
K_2CO_3	2.5	KNO_3	1.0
$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	1.0	K_2SO_4	2.0

典型的量測值列於表3，在每個標準值環境所量測之離差值均微小，僅在Nacl飽和溶液有最大的離差值（0.31），其次為NaBr之離差值（0.28）。以統計量變異係數（Coeff of Variation, C.V.）進行評估，C.V.值在低RH範圍時較大，而隨RH標準值之增加逐漸減少，以信賴區間進行重覆性比較，所有量測值均於信賴區間之範圍內，顯示此感應器有良好重覆性，但其數值均在1.0%RH之內。

表3 Rotronic GT-P感應器在飽和鹽溶液環境之量測值

Table 3. Measured RH values of Rotronic GT-P sensors for saturated salt solutions at 25°C

	KOH	LiCl	CH_3COOK	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	K_2CO_3	$Mg(NO_3).6H_2O$
Measurement	11.5	14.4	26.2	35.2	47.8	56.2
	11.6	14.3	26.3	35.4	47.8	56.1
	11.6	14.4	26.1	35.3	47.7	56.2
	11.7	14.2	26.1	35.1	47.6	56.5
	11.7	14.5	26.1	35.3	47.5	56.6
	11.6	14.4	26.2	35.4	47.6	56.5
Average(X)	11.617	14.367	26.167	35.283	47.67	56.35
Std. Dev.(S)	0.0753	0.1033	0.0816	0.1169	0.1211	0.2074
C.V.(S/X)(%)	0.65	0.72	0.31	0.33	0.25	0.37

	NaBr	KI	NaCI	KBr	KCl	KNO_3	K_2So_4
Measurement	60.9	71.4	77.6	82.7	86.0	94.4	98.4
	60.9	71.3	77.6	82.5	86.1	94.2	98.5
	60.8	71.3	77.5	82.6	86.1	94.2	98.5
	61.4	71.7	77.2	82.7	86.3	94.3	98.6
	61.3	71.6	77.1	82.8	86.1	94.2	98.7
	61.4	71.6	77.2	82.6	86.3	94.2	98.7
Average	61.117	71.483	77.883	82.65	86.15	94.25	98.57
Std. Dev.	0.2787	0.1722	0.3125	0.1049	0.0225	0.0837	0.1211
C.V.	0.46	0.24	0.40	0.13	0.14	0.09	0.12

B. Vaisala 感應器

此型感應器之離差值均小於0.30，C.V.值在1.0%以內，所有量測值均位於信賴區間之內，因此可知此型感應器良好的精密性與重覆性。

C. 電阻式感應器

此型感器讀出值單位為千歐姆。此感應器於低RH範圍之精密度和重覆性十分良好，但在標準相對濕度大於50%時，標準差幾乎均大於0.5，C.V.值大於1%。對90%RH以上之標準相對濕度環境下，C.V.值極高（KNO_3時，4.62，K_2SO_4 時，6.08）。由此可知在精密性要求

時，此種感應器只適用於低相對濕度範圍下的測定工作。

（三）遲滯性

Rotronic GT－P 感應器在四個連續量測過程（由低而高，再由高而低…………等）中，遲滯現象僅在中間RH範圍發生（57.57%－75.29%）。以F檢定統計技術之結果顯示此遲滯性並未造成校正曲線彼此有顯著的差異性，且遲滯現象爲一任意誤差，而無規則性可言。

Vaisala 感應器之遲滯現象類似Rotronic GT－P 感應器。由此可知遲滯現象對濕度量測性能之誤差性並無規則性的影響。

（四）準確性

A. Rotronic GT－P 感應器

典型的 Rotronic GT－P 感應器校正曲線如圖4所示，數據點的分佈近似直線，此即是許多研究者以線性迴歸建立校正方程式的主因，第一次校正曲線典型的迴歸結果如表 4所示。由表4可知直線性模式雖然具有極高的 R^2 值，但其殘差分佈有典型的曲線趨向，代表直線模型在RH較高和較低之範圍爲低估，在中間範圍爲高估，此即顯示利用直線模式建立之校正方程式對眞實値的適稱性具有固定模式誤差。二次式模式之殘差圖其數據分佈爲均衡性散佈，代表此模式對校正曲線數據的分佈有良好的解釋能力。在表4中二次式模式其統計量（S. E., PRESS.Σ | $e_{l.-1}$ | 均優於直線模式,以S.E.値代表感應器的準確度時，其値於二次式模式爲0.52，此已達到實用上的要求。

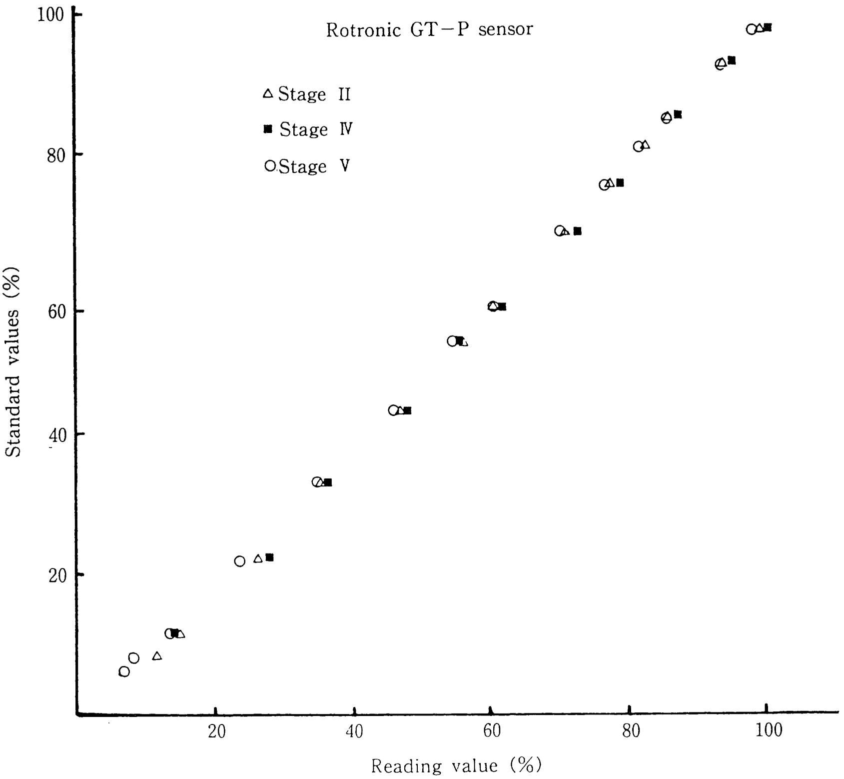


Figure 4. Standard values vs. reading values for Rotronic GT-sensors at three stages

圖4 Rotronic GT-P 感應器在三時期的標準値與讀出値關係

表4 Rotronic GT-P 感應器兩校正模式之迴歸分析結果

Table 4. Results of regression analysis of two calibration model for Rotronic GT-P sensor

A.Linear model

$Y=-4.20956+1.02590X$

R2=0.9994

S=0.757

PRESS=45.574

$\Sigma\,|\,ei, -i\,|=49.43$

B.Quadratic model

$Y=-2.4751+1.093745X+8.10874*10^{-4}X^2$

R2=0.9997

S=0.5173

PRESS=21.56

$\Sigma\,|\,ei, -i\,|=31.26$

此二次式更高項次的方程式其迴歸結果並未對適稱性和預測性有顯著性之改善，其他包含二變數之非線性模式並沒有較好的適稱性和預測性，因此二次式模式已可適用爲此型感應器之校正方程式。

B. Rotronic I－100 感應器

此型校正曲線之兩種模式迴歸結果列於表5。二次式模式之適稱和預測能力均顯著，明顯地優於直線模式。誤差值自1.01改善爲0.71。直線模式之殘差值有明顯地曲線分佈趨向可知此感應器之性能類似於GT－P感應器。以新購三具同型，同時製造感應器之校正曲線加以比較，以F檢定技術之結果顯示新感應器彼此無顯著差異。但時間對此校正曲線之影響仍需更進一步之觀察。

表5 Rotronic I -100感應器兩校正模式之迴歸分析結果

Table 5. Results of regression analysis of two calibration model for Rotronic I -100 sensor

A.Linear model

$Y=-2.9395+1.005893X$

R2=0.9989

S=1.007

PRESS=70.36

$\Sigma\,|\,ei, -i\,|=48.24$

Quadratic model

$Y=-4.3752+0.91109X+9.81094*10^{-÷}X^2$

R2=0.9994

S=0.708

PRESS=35.78

$\Sigma\,|\,ei, -i\,|=35.92$

C. Vaisala 感應器

兩Vaisala 感應器的校正曲線迴歸結果如表6所示，二次式模式其適稱性和預測性均優於直線模式。二次式模式都其有較高的 R^2 值，較低的 S.E. PRESS與 $\Sigma\,|\,ei, -i\,|$ 值，在殘差分佈圖上，線性模式都具有明顯的曲線分佈，更高項次的方程式對迴歸性能並未有顯著地改善

。在八個同型、同批生產之感應器校正曲線比較中，發現其有獨特之校正方程式，換言之，此型感應器無法以一校正模式代表所有感應器，每具感應器必需有其獨特之校正方程式。

表6 兩具 Vaisala感應器其校正模式之迴歸分析結果

Table 6. Results of regression analysis of two calibration model two Vaisala sensor

I. No 1

A.Linear model

$Y=-0.9252+1.0224X$

$R^2=0.998$

$S=1.10$

$PRESS=19.80$

$\Sigma \mid ei, -i \mid =13.08$

B.Quadratic model

$Y=-0.8221+0.92259X+9.772*10^{-4}X^2$

$R^2=0.999$

$S=0.78$

$PRESS=13.82$

$\Sigma \mid ei, -i \mid =11.67$

II. No 1

A.Linear model

$Y=-0.1118+1.0006X$

$R^2=0.998$

$S=1.04$

$PRESS=18.50$

$\Sigma \mid ei, -i \mid =12.75$

B.Quadratic model

$Y=-2.6697+0.94896X+7.114*10^{-4}X^2$

$R^2=0.9997$

$S=0.51$

$PRESS=5.118$

$\Sigma \mid ei, -i \mid =5.57$

D. TRH 3A 感應器

此型感應器校正曲線迴歸結果與其他三型電容式感應器均相似。直線模式之殘差圖有明顯的曲線分佈，顯示此模式有固定之誤差存在，二項式模式,對校正曲線具有良好的適稱性和預測性。其三迴歸分析統計量（$R^2=0.9988$,S. E.=1.08, PRESS=34.39）均比直線模式（$R^2=0.9964$, S.E.=1.83, PRESS=94.03）有更好的適稱性能。

此型感應器之廠商附有在九種標準相對濕度下之讀出值。以此校正數據進行迴歸之結果和利用飽和溶液爲標準值加以校正之結果相似。其二項式之統計量R^2值爲 $R^2=0.9987$ S.E.=1.16，直線模式之統計置之迴歸結果統計量爲 $R^2=0.998$, S.E.=1.31，由此可知利用飽和鹽溶液建立之二項式校正方程式其誤差值較小。

E. 電阻式感應器

電阻式感應器之讀出訊號爲電阻，單位爲千歐姆，此型感應器讀出值與標準相對濕度之關係如圖5所示。標準RH於70%以下時，讀出值有緩慢增加之趨勢，在RH標準值大於70%後，輸出值急據增加，在RH%值大於90%則再度降低。

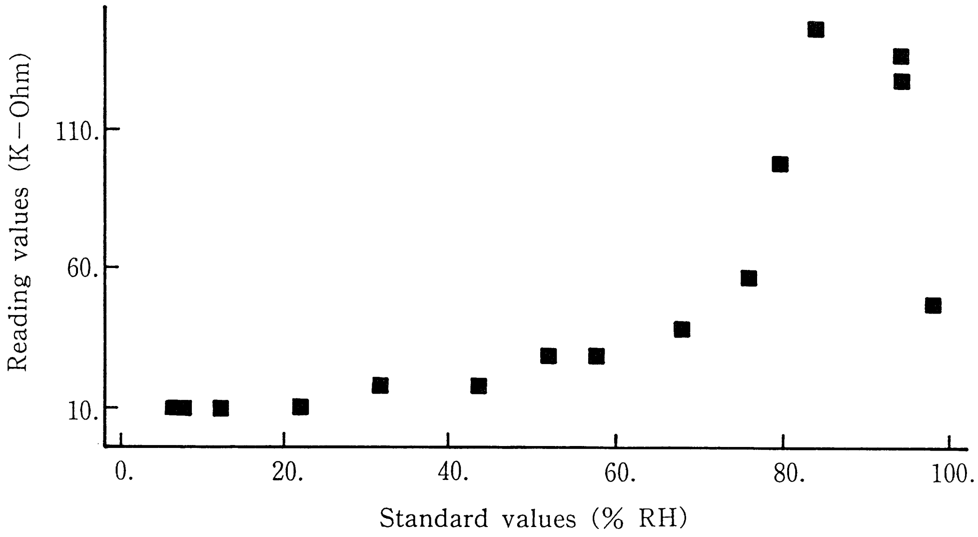


Figure 5. Reading values vs. standard values for Resistant-type sensor

圖5 電阻式感應器之測量值與標準值關係

以多項式迴歸分析建立此型感應器之最適方程式，其結果如表7所示，對全RH範圍（6.4－97.3%）之校正曲線而言，校正方程式含有五個係數，其標準均差S. E.值爲6.61，此即代表以迴歸模式消除感應器固定誤差之後，其任意誤差仍高達6.6%RH，由此可知此型感應器之準確性不良。

表7 電阻式感應器校正模式之迴歸分析結果

Table 7. Results of regression analysis of calibration models of Resistant type RH sensor

A.Range（6.4—97.3%RH）

$Y=-54.682+6.668X-0.1173X^2+8.7863*10^{-4}X^3-2.3385*10^{-6}X^4$

$R^2=0.9634$

$S=6.61$

Where Y : RH (%)

X : Kohm

B.Range（6.4—80.9%RH）

$Y=-48.2895+5.9909X-9.4929*10^{-2}X^2+4.8291*10^{-4}X^3$

$R^2=0.9823$

$S=3.858$

C.Range（6.4—52.8%RH）

$Y=-207.565+31.987X-1.4294X^2+2.2335*10^{-2}X^3$

$R^2=0.975$

$S=3.45$

D.Range（10—80%RH）

$Y=-40.985+5.46X-8.41*10^{-2}X^2+4.197*10^{-4}X^3$

$R^2=0.9751$

$S=4.05$

E.Range（10—60%RH）

$Y=-118.482+15.807X-0.5005X^2+5.55*10^{-3}X^3$

$R^2=0.962$

$S=4.34$

對RH範圍於6.4－80.9%之校正曲線進行迴歸，其最適切之校正方程式包含四個係數，任意誤差爲3.85%，RH 範圍爲6.4－52.8%之校正曲線，其最佳校正方程式包含四係數，誤差值爲3.45%，在不考慮10%RH以下之範圍，10－80% RH範圍內校正曲線其最佳校正方程式亦包括X^3項，其誤差值爲4.05%,對10－60%範圍之校正曲線而言，最佳方程式仍包含X^3項次，誤差均方值爲4.34%。

由上述結果可知，電阻式感應器其準確度不良性不因應用範圍之縮小而有所改善，感應器本身之任意誤差性極大，此型感應器在成本方面低廉，但並不適用於高精密性與高準確性之對濕度量測作業。

（五）持久性。

A. Rotronic GT－P 感應器

此型感應器六時期之測定值，利用統計技術進行F檢定，以I和II時期之校正曲線爲例說明此技術之應用方式，所有校正方程式均爲二項方程式。

I Stage 之校正方程式爲：

$$y=-2.5350.945X+7.44x10^{-4}X^2$$

$RSS=3.11,\ d_f=10$

在RSS爲殘差平方和，d爲自由度

II Stage 之校正方程式如下：

$$y=-2.669+0.949X+7.144x10^{-4}X^2$$

$RSS=3.11,\ d_f=10$

合併 I 與 II 之數據，其校正方程式爲：

$$y=-2.781+0.938X+4.4347x10^{-4}X^2$$

$RSS=8.67,\ d_f=23$

F 檢定如下：

$$F=\frac{(8.67-3.11-3.12)\ /\ (23-10-10)}{(3.11+31.3)\ /\ (10+10)}=2.5$$

由下表可得下 F (3.20, 90%) =2.38

F (3.20, 95%) =3.10

以90%信賴度比較時， 第 I 和 II 時期校正曲線彼此相異性極爲顯著，但以95%信賴度爲比較基準時，兩校正曲線此無顯著差異。

不同時期校正曲線之比較結果如表8所示。對 Rotronic GT－P 感應器而言，連續兩時期之校正曲線幾乎無差異性，比較結果顯示每三個月校正一次之校正方法程式其準確性爲0.7% RH，每六個月校正一次，準確性約爲 1.0% RH，校正曲線之建立依實用之準確性需求而定。

表8 Rotuonic GT—P 感應器持久穩定性之比較

Table 8. Comparison of the Long-term Stability for Rotronic GT-P sensor

Comparison	Significance	Comparison	Significance
0+ I	—	II + III + IV	* *
I + II	*	I + II + III + IV	* * *
0+ I + II	* *	III + IV + V	* *
II + III	* *	IV + V	*
III + IV	—		*

Note : —No significance
*90% significance
* *95% significance
* * *99% significance

B. Vaisala 感應器

8個此型感應器於四時期進行校正曲線之建立。兩具感應器（No.2與No.8）在各時期之校正曲線分佈如圖6、7所示。No.2感應器在不同時期之校正曲線差異性並不大。然而No.8感應器在第二時期之平移現象極大，平移之影響值將近20%。

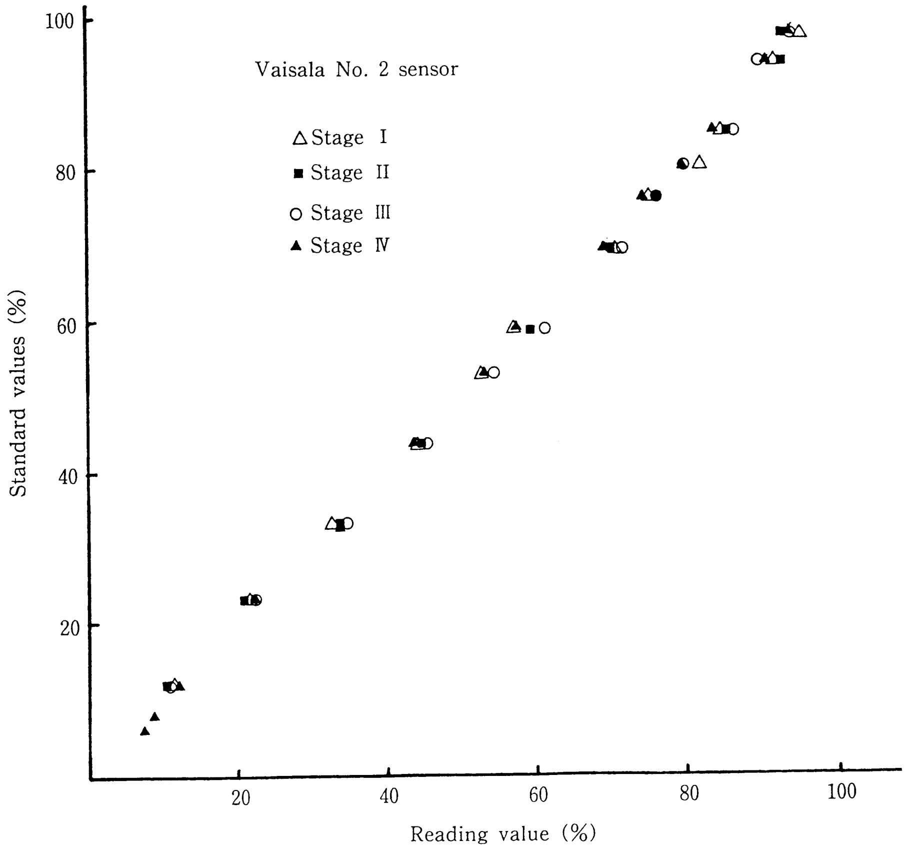


Figure 6. Standard values vs. reading values for Vaisala No. 2 sensors at four stages

圖6 No. 2 Vaisala 感應器在四階段量測值與標準值之關係

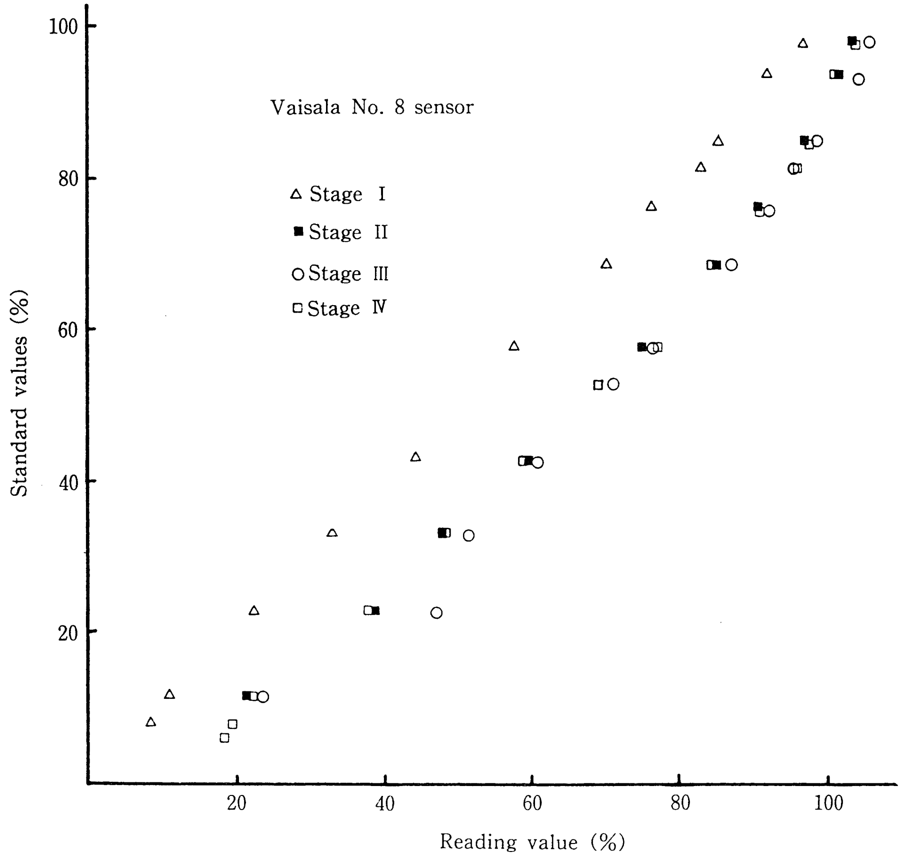


Figure 7. Standard values vs. reading values for Vaisala No. 8 sensors at four stages
圖7 No. 8 Vaisala 感應器在四階段量測值與標準值之關係

各時期校正曲線之相互比較結果如表12所示。同廠牌同批製造之感應器存有不同的結果。No.2 與 No.6感應器有極優越之穩定性，反之 No.4，No.7與 No.8校正曲線受校正時期之影響極大， 不同的性能影響了校正時期之要求。 若爲得到0.7%之準確性，此型大多數之感應器每兩個月需要校正乙次。

表9 Vaisala 感應器持久穩定性之比較

Table 9. Comparison of the Long-Term stability for Vaisala sensors

No. of sensor	1	2	3	4	5	6	7	8
I + II	—(1)	—	—	* * *	*	—	* * *	* * *
II + III	*	—	—	* * *	—	—	* * *	* * *
I + II + III	* * *	—	* * *	* * *	* * *	—	* * *	* * *
II + III + IV	* * *	*	* *	* * *	* *	*	* * *	* *
III + IV	*	—	* *	* * *	*	—	* * *	* *
Evaluation(2)	B	A	B	C	B	A	C	C

Note 1. Symbols of significance as table 8.
Note 2. A:Excellent
B:Medium
C:Not good

（六） 老化現象

感應器之感應元件因持久使用而隨利用時間逐漸失去原來之準確性能,此種現稱老化現象。

在老化現象之研究中，以迴歸分析建立之校正方程式所得之殘差均方值（S.E.）爲比較標準，其理論意義在於經模式選擇消除固定誤差影響性後S.E.爲任意誤差之影響代表值。

Rotronic GT－P 感應器之老化影響性比較結果列於表10. 六個時期約九個月之使用期限老化現象並不嚴重。

表10　兩型相對濕度老化影響性之比較

Table 10. Comparison of the effect of aging for RH sensors

A. Rotronic GT-sensor

stage	S. E.	stage	S. E.
0	0.517	III	0.660
I	0.517	IV	0.660
II	0.517	V	0.660

Vaisala sensor

stage	No. of sensors							
	1	2	3	4	5	6	7	8
I	0.884	0.778	0.910	0.422	0.610	0.650	0.982	0.934
II	0.880	0.988	0.907	0.982	0.710	0.691	0.985	1.690
III	0.931	0.880	0.969	1.288	0.625	0.791	0.997	1.800
IV	0.832	0.802	0.915	1.446	0.624	0.705	1.090	1.810

8個 Vaisala 感應器在四時期之 S.E.值亦列於表10。於6個月之使用期間內 ，No.4與No.8之感應器因使用時間而逐漸失去了準確性，其餘6具感應器之老化現象並不嚴重。以 S.E. 爲標準比較八具感應器之結果可知此型感應器之性能彼此不一致。

以三具新購之 Rotronic I－100 感應器和兩具已使用15個月之同型感應器比較其 S.E.值。前者之 S.E. 值爲0.81, 0.51與 0.82。後者之 S.E. 值爲0.71與0.85，由此可知新舊兩型之性能並未因使用時期而有所顯著差異。

上述之測定時期均於九個月內完成，更長久之測定比較需要持久進行。

結　論

綜合上述研究所得之結論如下：

1. 以飽和鹽溶液爲標準相對濕度製造裝置，容器爲250ml容積之三角玻璃瓶，其平衡所需時間因飽和鹽種類而異，大部份溶液在2.5小時內可完成平衡，但產生低 RH 之鹽基需要6小時以上。
2. 電容式相對濕度計之精密性與重覆性十分良好，電阻式感應器在高相對濕度之環境則性能不良。
3. 電容式濕度計之遲滯性發生於 RH 之中間值範圍，但其對校正曲線之影響並不顯著，且其出現並非規則性，因此可歸納於任意性誤差。
4. 利用迴歸分析技術可消滅校正曲線之固定誤差，其標準均差可用以判別任意誤差之數值大小，各型電容式感應器之最佳校正模式均爲二次式方程式，利用此校正方程式可明顯地改進準確性至1.0%以內,電阻式感應器之最佳校正公式爲包含三次式以上之多項式，準確性均大於3.5%RH。

5. 電容式感應器校正曲線受間隔時期所影響，校正之間隔時期因應用上之準確性而定。感應器之老化現象於半年之使用時期內並不顯著，更持久之影響研究仍需繼續進行。

參考文獻

1. 詹國鴻，1989，濕度感測器的選用與校正，量測資訊6期元月號：48-49。
2. Chen, 1988, A study of equilibrium relative humidity for yellow-dent corn kernels. Ph. D. Thesis, University of Minnesota. St. Paul.
3. Cole, K. M. and J. A. Reger, 1970, Humidity calibration techniques, Instruments and Control systems. Jan: 77-82
4. Favetto, G. S. Resnik, J. Chirife, and C. F. Fontan, 1983, Statistical evaluation of water activity measurements obtained with the Vaisala humicap humidity meter, J. of Food Science, 48:543-538
5. Greenspan, L. 1977, Humidity fixed Points of binary saturated a aqueous solutions. J. Res. National Bureau of Standard-A. Phys. and Chem,81(A) : 89-96
6. Helland, I. S. 1987. On the interpretation and ues of R^2 in regression analysis. Biometrics 43: 61-69
7. Kitic. D. G, J. Favetto, J. Chirife and S. L. Resnik, 1986, Measurement of water activity in the intermediate moisture range with the Novasina thermo-constanter humidity meter, Lebens-Wiss. Tech. 19 : 297-301
8. Labuza, T. P., K. Acott, S. R. Tatini and R. Y. Lee. 1976, Water activity determination: a collaborative study of different methods. J. of Food Science, 41 : 910-917
9. Lafarie, J-Patrick, 1987, Accuracy of relative humidity instruments, Sensors. June : 46-49
10. Mitchell, B. W. 1985, Selecting and interfacing commercial air moisture thansducers for microcomputer -based environmental control in dusty environments. ASAE paper NO. 85-4544, St. Joseph, MI
11. Myers, R. H. 1986, Classical and Modern Regression with Applications, PWS and kent Publ, Co. M. A.
12. NBS, 1986, HT Transmitter series performance report of NBS. NBS Test Report H4052-H4060
13. Saguy, Israel and B. Drew, 1987 Statistical calibration of instruments using water activity determination as an example. J. of Food Science,52 : 767-771
14. Stamp, J. A. S. Linscott, C. Lomauro, and T. P. Labuza, 1984. Measurement of water activity of salt solutions and foods by several electroonis methods as compared to directed vapor pressure measurement. J. of Food Science, 49:1139-1142
15. Stoloff, L. 1987, Calibration of Water activity measuring instruments and devices : Collaborative study. J. Assoc. off. Anal, Chem, 61: 1166-1178
16. Troller, J. A. 1977, Statistical analysis of Aw measurements Obtained with the Sine scope, J. of Food Science. 42 : 86-90
17. Weisberg, S. 1984. Applied Linear Regression. John Willy, N. Y. White, G. M. and I. J. Ross, 1983, Humidity. In: Instrumention and Measurement for Environmental Sciences. Mitchell(eds), Chap8. ASAE, St Joseph, MI
18. 山口智治，1984，濕度計測與機器，農業設施15 (3) ：24—32。

The Evaluation of the Performance on the Electronic Relative Humidity Sensor[1]

C.C. Chen, C.T. Tsao, C.C. Lai[2]

Summary

The reading values of five－types electronic RH sensors at standard RH environment that produced by saturated salt solutions were used to test the performance of accuracy, precision, stability, and aging condition. The adequate calibration equation was estabilished by regression analysis technique.

The experimental results indicated the precision of Capacitive type sensor was good in the full of RH range, however, the Resistance type sensor only had good performance in the lower and medium RH range. The accuracy of Capacitive type sensor can be improved by quadratic calibration model. The S. E. values are below 1.0%RH. The adequate calibration model for Resistant type sensor inclued a four－degree polynomial eqnation. The accuracy is above 3.5% RH.The aging condition was not significant within a half year for Capacitive type sensors.

Key Words：RH sensor, Calibration model

---

1. Contribution No. 1554 from Taiwan Agricultural Pesearch Institute.
2. Associate researcher, assistant researcher, junior specialist,
3. respectively, TARI, Taichung, Taiwan, R. O. C.

中華農業研究（Jour. Agri. Res. China）40(1)：90～93（1991）

農試型落花生聯合收穫機之改良(3)[1]

梁連勝　蔡致榮　顏秀榮　周廷弘[2]

摘要：農試型落花生聯合收穫機前處理部前置強制梳、送株裝置之動力系統於採直接傳動方式，可避免作業中重負荷滑動；爲防止作業中夾入過量泥土，附加去土毛刷阻力棒，可有效預先除去大部份植株上附著之泥土；對脫莢系統之排列方式，以橫式脫莢筒取代縱向排列，可規避縱向排列之脫莢死角外，加大適收株高範圍；所有選別與集莢裝置悉以柵鏈爲材料，可於處理行程淸除泥土，防止積堵；本型收穫機經前述改良後，整體作業機構與機械處理能量已完全配合，故直線作業速度大幅增高爲每秒0.5公尺以上，爲原型機之2.5倍。

關鍵詞：落花生、收穫機。

農試型落花生聯合收穫機經開發成功後，雖然機構功能已符合作業要求，但由於受限於機構間處理能量之極限，及部份機構對所有田間可能發生之狀況無法完全因應，致作業時產生難予克服之瓶頸；這些瓶頸則爲該機在推廣工作上之致命傷。其中涉及機構設計，較重要而亟須即時加以改良者有強制梳、送株裝置動力系統之重新規劃，除土裝置之附加，脫莢系統重行檢討與改良及莢果選別系統之改良等項；爲配合使用者作業需求，對單位時間之作業能量需再檢討以求突破。

研究目的

落花生聯合收穫機自研製成功生產應市後，因單位時間之有效工作量仍不符合代耕作業之要求，致在推廣工作上遭遇極大而短時內無法突破之阻力；爲解決此機構作業時潛在問題，亟須針對所面臨之瓶頸，詳加檢討分析，並予以適切之改良，以落實研究成果與加速花生收穫全面機械化。

材料與方法

一、材料

以接受技術轉移公司所生產之商品機爲研究改良之標的物，各部機構結構爲分析、改良之對象。

配合改良工作需求，以現有成品或依所規需格重新製造之零件、五金器材等，提供爲改良所需之材料。

二、方法

㈠前處理部之分析改良：

1. 前置梳、送株裝置之檢討與改良
2. 附加除土裝置之分析與安裝
3. 夾持輸送帶性能分析與改良對策

㈡脫莢系統之分析改良：

1. 殘留與脫莢品質之再檢討
2. 脫莢筒排列方式之商榷

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1553 號。
2. 本所農機系主任、助理研究員及助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉

㈢選別系統之分析與改良：

1. 整體空間之檢討

2. 選別集莢裝置材料設計之再商議

㈣最適直線作業速度與單位時間作業量之檢討：

1. 最適直線作業速度之分析

2. 作業調查

結果與討論

一、前處理部之分析改良：

1. 前置梳、送株裝置之檢討與改良

在農試型落花生聯合收穫機之原設計機構中，爲加強前處理部對倒伏及徒長植株之飼入效果，採用水稻聯合收穫機之送株鏈，由夾持輸送帶之被動輪間接輸入動力，供強制梳、送花生植株之用；該機構對正常生長之植株，即株高不超過40公分之株型，無論植株是直立或或倒伏，因在正常作業負荷範圍內，故其作用表現符合原設計之預期效果；但對生長異常之徒長株型，於作業時軋因已超越負荷而產生滑動，致失去該機構裝置之意義且迭生阻塞之額外故障。此外由於受動力輸入位置之限制，梳、送株鏈之長度仍嫌不足，有待加長；據此分析，即使原設計之機構較簡便，亦有予以檢討改良之必要。爲使本機構之動力直接輸入以杜絕作業中之滑動，在原設計上適用動力分頭之取得，煞費周章；經在夾持輸送帶動力齒輪箱上加裝動力分頭後，得以順利解決，同時亦可因配合作物條件，選擇適當之鏈長加以裝置。本裝置經由直接傳入動力後，對夾送重負荷已能作業自如。

2. 附加除土裝置之分析安裝

原始設計中，爲簡化機構配備，植株拔起後脫莢前，並未考慮加刷、去土裝置，當用之於沙土或含水份低之沙壤土田區時雖無窒礙，但在含水較多之黏重田區，則常因泥土積堵，造成作業中之故障。爲解決此一困擾，唯有在夾持輸送帶正下方附加除土裝置，方克奏其功；據檢討，除土裝置之設計必須兼顧花生莢果被擊落之潛在問題，因之選用轉動毛刷及圓形阻力棒，作爲除土機構；而轉動毛刷所需動力之取得可利用前第一子項之改良成果，藉其其動力中繼軸附加動力分頭，而順利取得所需動力。圓形阻力棒安置在除土刷之前、後方，藉植株經過其上時之輕微衝擊，而敲落泥土。此複合式之除土裝置，在脫莢作業前已先振、刷落部份過量之泥土。

3. 夾持輸送帶性能分析與改良對策

農試型落花生聯合收穫機對夾持輸送帶之原始設計，爲顧及作業時長期暴露灰塵中所造成之額外磨損，採用輸送皮帶；並採表面附加導條之設計，利用皮帶組之嵌合作用，達成提高並確保植株之夾持效果；但該表面附加之阻力導條，因帶輪彎曲應力導致提早龜裂，縮短有效使用壽命，無形中增加收穫機之使用成本，爲其最大之缺點；基於前述原因，爲謀解決此一瓶頸，經查得同質表面粗糙表面輸送帶之夾持效果不亞於原導條設計者，且因無彎曲張應力之困擾，本缺失之改善，無形中縮短收穫機之推廣時程。

二、脫莢系統之分析改良：

1. 殘留與脫莢品質之再檢討

據本型收穫機在田間收穫時觀察與調查所得，落花生植株在脫莢後莢果之殘留率，以當前之縱向排列脫莢設計而論，以因株高與脫莢時夾持位置，及作業速度而異；當植株爲正常株高時，夾持輸送帶對植株夾持位置之選擇較不受限制，經輸送帶轉承後之夾持位置之變化亦較小，斯時之脫莢效果爲最理想，莢果在夾持行程被夾裂之現象爲最少；同時植株長度夠，脫莢深度適

宜，殘留幾爲零；但株高少於25公分之植株，在夾持拔起作業時，因適當夾持位置之選取至爲不易，導致轉承輸送後，夾持位置發生嚴重變化，產生輸送行程夾裂莢果及因脫莢筒脫莢死角造成逾量之殘留。原設計之直線作業速度在低速度狀態下操作時，其作業品質比採用較高之作業速度時爲差，足見適度提高作業速度應爲可行解決之道。

2. 脫莢筒排列方式之商榷

爲因應前述因株高變化而致脫莢效果產生惡化之現象，脫莢筒縱向排列設計所形成之自然作業死角，不可忽視；在不變更收穫機基本結構之前提下，欲解決此一問題，改變脫莢筒排列爲可行之法；當採用橫式排列脫莢筒，並以二筒一組，合計使用三組及分段使用不同脫莢速度時，脫莢後之殘留率降至最低，適收株高之限制亦相對降至25公分，無形中擴大適收範圍。

三、選別系統之分析與改良：

1. 整體空間之檢討

目前本型收穫機脫莢後之選別處理系統，因囿於空間限制，使得粗選鏈柵前、後集莢裝置侷限於有限空間內，致莢果之轉承因空間狹隘產生干涉；爲消除該項缺失，勢需將此此一部份之機構重行規劃並作適度之調整，以爲因應。

2. 選別集莢裝置材料設計之再商議

本機所用之集莢裝置均採用節距15.8公厘之柵鏈，其餘之上集莢及後集莢仍沿用輸送帶，致作業中如遇較黏重泥土田區，易遭致積堵，爲避免這類作業故障，建議所有選別機構一律採用柵鏈機型。

四、最適直線作業速度之分析

1. 最適直線作業速度之分析

本型收穫機在開發過程中，偏重於機構整體性能之探索，對最適直線作業速度未作深入之分析，故單位時間作業能量一直無法突破，無形中造成本機型有效作業能力低落之假像；經本機轉交代耕中心人員操作後，由於操作者在降低使用單位成本之要求下嚐試突破，證實在收穫處理部機構略加修正，使其處理量與作業速度同步後，可獲致大幅之改善。本機在長形田區，株高25公分之田間作物條件下作業，最適平均作業直線速度可高達每秒0.5公尺，爲試驗研究時期之2.5倍；如整體收穫機構之單獨作業性能可完全配合，機構材質強度無問題時，本機之田間作業能力仍有突破之希望。

2. 作業調查

經田間調查結果指出，目前落花生產地之收穫作業，分別以交換工及僱工兩種方式進行；雖然每天作業時間同樣爲八小時，但據調查所得，交換工之工作效率約比僱工高三分之一，即交換工每公頃需280小時之收穫工時，而僱工則需420工時之鉅。至於人工收穫之田間損失，並未因交換工與僱工而有太大之差異，平均約爲每公頃產量之1.63%，目前花生單位工時之收穫工資，包括一切支出在內，每工時計需新臺幣七十元；如以收穫機進行收穫時，該機由一人操作及助手一人計算，每公頃計需10～17工時，其田間收穫損失平均爲每公頃產量之7%。

結　　論

農試型落花生聯合收穫整體機構性能之優劣，端視各機構間單獨作業效率是否能作有效之配合，收穫機田間之總作業能力受機構耐用程度之左右，據目前商品機使用結果指出，部份零件之材質有待加強，尤其以暴露之鏈輪及遮護不全之軸承，其所造成之故障更爲嚴重。行駛系統變速機構作業時易生故障，動力系統傳承太複雜，亦爲本型收穫機性能之致命傷，此類製造上之問題，仍有待生產公司之配合重行規劃與改進。

參考文獻

1. 阮助明 1987 落花生打擊脫莢之基礎研究 臺大農工所碩士論文 臺灣 臺北。
2. 梁連勝、蔡致榮等 1989 夾持式落花生聯合收穫機之研製（I） 中華農業研究第三十八卷第一期 臺灣 臺中。
3. 梁連勝、蔡致榮等 1990 農試型落花生聯合收穫機之研製（II） 中華農業研究第三十九卷第二期 臺灣 臺中。
4. 梁連勝、蔡致榮等 1990 落花生脫莢系統之改良 中華農業研究第三十九卷第三期 臺灣 臺中。
5. 黃文源、游勝秀 1967 小型迴轉式落花生脫莢機之研究中國農業工程學報 Vol.13(3)：40～47 臺灣 臺北
6. 矢治幸大，我妻幸雄，今園支和 1981 落花生收穫作業の機械化に關する研究 農事試驗場研究報告 35：207～234 日本崎玉縣鴻巢市。

The Improvement of the TARI Peanut Harvester(3)[1]

L.S. Liang[2], J.R. Tasy[3], S.R.Yen,T.H. Chou[4]

Summary

The direct driveing of the front forcible feeder prevents the slippage of the conveyor during heavy load. The attachment of brush and retainer rod as soil remover will kick off the soil which attaches to the plant. It uses the crosswise picking device to stand for the original parallel one, which will avoid the result of the dead zone by the old one. It will enlarge the range of the most favorable plant height for harvesting also. It will screen off the soil during the process, if use the grid conveyor for the sorting and collecting device.

According to the modification describes before, the harvesting speed and processing capacity will meet. The harvesting speed will up to 0.5m／s, it is 2.5 times faster than the old one.

Key Words：Peanut, Harvester.

1. Contribution No. 1553 from The Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Head, Department of Agricultural Machinery, TARI, Wu-feng, Taichung, Taiwan 431, Republic of China.
3. Specialist, Department of Agricultural Machinery, TARI, Wu-feng, Taichung, Taiwan 431, Republic of China.
4. Assistant, Department of Agricultural Machinery, TARI, Wu-feng, Taichung, Taiwan 431, Republic of China.

中華農業研究（Jour. Agri. Res. China）40(1)：94～101（1991）

蘆筍花葯培養之全雄育種
I．品種及單株間花葯培養效率之研究[1]

賴本智[2]　許家言[3]　葉常青[3]　蔡新聲[4]

摘要：本研究之目的在以花葯培養進行蘆筍之品種改良過程中，檢討品種及單株間之花葯培養效率，不同分化培養基之效果，癒合組織之日齡與分化能力之關係及花葯來源植株染色體之倍數性，以爲育種之參考，其結果摘錄如下：

1. 花葯癒合組織自含有2 mg／l NAA, 1 mg／l BA及 6% sucrose 之 1／2 MS基本鹽類培養基（Na－Fe－EDTA全量）誘得後，先繼代培養於含有 1 mg／l NAA 及0.5 mg／l BA之 Murashige *et al.*(1972)基本鹽類培養基進行植株分化之誘導，二個月後未分化之癒合組織，再繼代培養於MS之基本鹽類培養基之處理方式，可獲得最佳之分化效果。

2. 品種及單株間之花葯培養效率差異極大，在 80 棵受測之蘆筍雄株中，以UC500 W－20單株之育種效率14.6%最高。造成品種及單株間差異之主要原因可能爲，各單株之遺傳組成相異所致。花葯來源植株根端細胞染色體之檢定發現，單倍體佔8.2%，雙倍體佔 60.6%，三倍體佔 5.3%，四倍體佔 24.3% 及混雜體佔 1.3%。

3. 花葯癒合組織約在花葯培養30～60天間形成，50日齡癒合組織之分化能力最強。

關鍵詞：蘆筍，花葯培養，全雄育種。

利用蘆筍花葯培養獲得的雄性單倍體，經染色體倍加後所得的超雄性雙倍體(YY)，若與雌性個體(XX)交配，則所得 F_1 種子可全爲雄性(XY)且一致的個體，這種新的育種方法，已被世界蘆筍先進國家所利用以育成新品種[4,6,7,8,9,11,15,17,18]。

有關蘆筍花葯培養的報告很多，如Dore[7]，Falavigna[8]，Hondelmann and Wilberg[11]，Inagaki *et al.*[12]，Pelletier et *al.*[15]，Tsay *et al.*[4,16,17]，及 Yakuma *et al.*[19] 等文獻，均曾對蘆筍花葯培養癒合組織形成及分化的培養基有詳細的敍述。就花葯癒合組織的誘導而言，一般均認爲適當濃度的NAA及BA配合MS基本鹽類培養基較佳[4,12,19]。唯這些癒合組織經移植到分化培養基後，所分化之植株太少，因而降低了各單株及品種間之花葯培養效率。爲了解單株間癒合組織形成的情形，及不同生長日齡之癒合組織對分化植物體的影響，本研究以過去本研究室所慣用之二種分化培養基(AR－2及MS)，進行誘導植株形成效果上之檢討，期能提高綠苗形成之百分率，而將本技術實際應用於蘆筍之全雄育種。

材料與方法

花葯培養所用的材料，係種植於台灣省農業試驗所蘆筍品種保存圃之80株雄株。將小胞子發育時

---

1. 台灣省農業試驗所　研究報告第 1555 號，本研究承農委會經費補助，文稿英文部份承本所農藝系劉大江博士斧正，特此申謝。
2. 3. 4. 分別爲本所農藝系前助理研究員（目前爲台大蘭園總經理），助理及研究員。台灣省　台中縣　霧峰鄉。

期爲單核期，長度約2～3 mm之花苞，以10% Clorox（含0. 525%之次氯酸納）消毒10分鐘，再以無菌水清洗數次後，將花葯小心自花蕾中取出，接種於含有2 mg／l NAA（α-naphthaleneacetic acid），1 mg／l BA（6－benzylamino purine），6% sucrose 及將無機鹽類減半（Na－Fe－EDTA全量）之Murashige and Skoog (1962)[13]培養基上[4]（簡稱 AA—2），置於 27±1°C之恆溫黑暗下培養，進行癒合組織之誘導，並調查癒合組織形成的時間及數目，再將不同日齡之癒合組織（可見癒合組織之日起算，在原培養基生長之日數），繼代培養於含有 1 mg／l NAA，0.5 mg／l BA 及 2.5% sucrose之 Murashige *et al.*(1972)培養基(簡稱 AR－2)，或不添加任何植物生長調節劑之Murashige and Skoog(1962) 基本鹽類培養基上[17]（簡稱 MS），於溫度 27±1°C，光照1,500lux，光期 16小時的環境下，進行綠芽分化的誘導，二個月後尚未分化的癒合組織再繼代培養於 MS 培養基上，加強器官之形成，再經二個月後調查植株誘導之情形。所有分化綠芽均取其莖頂培養於含有 0.3 mg／l NAA 及 0.1 mg／l kinetin之 Murashige *et al.*(1972)培養基上（簡稱 AM）繁殖[14]，健化處理後之植株，移植於裝有泥炭苔之水稻育苗箱上罩以塑膠布，每日噴水二次，以助植株成活。1～2 個月後成活之植株改種於裝有河砂之塑膠盆中，置於溫室內生長[16]。

誘得植株染色體的檢定，係以生育良好之植株，長約 0.5 cm 之肉質新根爲材料；將取得之根先以 0.002 M 8－hydroquinoline溶液處理6小時，再以3:1之酒精及冰醋酸混合液固定，隔夜後以70%酒精更換，並置於5°C冰箱中保存。觀察當日之根端，經水洗後先以 60°C 1N HCl 軟化水解8分鐘，經水洗後以 Fuelgen 染液染色2小時，再以醋酸洋紅壓潰法鏡檢。

結　果

將田間選出80株優良蘆筍雄株進行花葯培養，所誘得20～30天日齡之癒合組織，移至AR－2分化培養基二個月後，再將未分化之癒合組織移至MS培養基二個月，以誘導植株形成，其結果如表1顯示，在花葯癒合組織誘導率超過 25%的19株雄株中，以UC 500 W－20的63%最高，UC 500 W－23之47.8%次之，其他17株形成花葯癒合組織之百分率約在25～36%之間。花葯癒合組織在 AR－2分化培養基之綠芽分化率，除 UC New Dwarf 5－6 高達15.2%外，其餘雄株都在10%以下，其中更有半數以上（11株）之分化率爲零，在AR－2培養基未分化之癒合組織，經再移植到 MS 培養基後，則大部份雄株花葯癒合組織之綠芽分化率均有顯著的改善（除UC New Dwarf 5－6外），未分化植株之雄株減爲三株（UC 157－12，UC New Dwarf 5－2 及UC New High 5－7）。就花葯培養效率（anther culture efficiency，即花葯癒合組織誘導率與綠芽分化率的乘積）而言，則以UC 500 W －20之14.6%最高，此乃因 UC 500 W－20 具有最高之癒合組織誘導率（63%）及綠芽分化率（9.3%＋13.9%＝23.2%），其餘雄株之花葯培養效率都在10%以下，其中 UC 157－12，UC New Dwarf 5－2及 UC New High 5－7爲零，無法做爲花葯培養誘導單倍體形成之材料。

表2之資料爲80棵雄株以品種爲主，經統計後之分化率及花葯培養效率。資料顯示品種間花葯癒合組織之誘導率差異很大，約在1.3%至 53.3%間，平均爲19.2%。花葯癒合組織在AR－2分化培養基之綠芽分化率，以UC 500 W 及 UC New Dwarf 5 二品種反應較佳，與表1 之結果極爲相符；未分化之癒合組織經再繼代培養於MS培養基後，則綠芽分化率亦如單株間之反應呈顯著的改善； MS培養基之平均綠芽分化率爲6.6%，比 AR－2 培養基平均爲1.9%高出三倍以上。各品種之花葯培養效率仍以UC 500 W 之7.1%最高，其餘都在0.2～2.9%之間。

表1. 蘆筍花葯培養單株間之花葯培養效率（癒合組織誘導率超過25%之單株）

Table 1. Plant-to plant variability in the anther culture efficiency of asparagus anther culture (Callus induction percentage over 25%)

Variety and plant No.	No. of anther cultured	% of anther forming callus (A)	Callus forming green plants in		Anther culture efficiency A X (B+C)
			AR-2* medium(B) − % −	MS** medium(C) − % −	
UC157−12	229	29.3	0.0	0.0	0.0
−13	819	29.7	0.0	4.3	1.3
UC309−17	1,430	29.9	4.0	8.0	3.6
−64	76	36.8	0.0	10.5	3.9
UC500− 5	943	25.6	4.2	19.0	5.9
−12	306	34.3	6.7	12.1	6.4
UC711− 3	178	26.4	0.0	9.1	2.4
−11	108	25.0	0.0	11.1	2.8
UC New 500− 2	140	28.6	0.0	5.0	1.4
− 6	96	35.4	3.7	4.2	2.8
−20	114	25.4	3.4	4.8	2.1
−27	106	34.0	0.0	14.7	5.0
UC500W−20	127	63.0	9.3	13.9	14.6
−23	226	47.8	0.0	6.4	3.1
UC New Dwarf 5-2	142	31.7	0.0	0.0	0.0
−6	225	36.4	15.2	5.1	7.4
−8	108	30.6	3.0	13.3	5.0
UC New High 5-7	205	32.2	0.0	0.0	0.0
Mary Washington-27	154	37.0	0.0	2.7	1.0

* AR−2 medium:Murashige *et al.* (1972) basic salts with 1 mg/l NAA , 0.5 mg/l BA and 2.5 % sucrose.
** MS medium : Murashige and Skoog (1962) basic salts with 3% sucrose.

表2. 蘆筍不同品種間花葯培養之花葯培養效率。

Table 2. The anther culture efficiency of asparagus anther culture among varieties

Varieties	No. of plant used	No. of anther cultured	% of anther forming callus	Callus forming green plants in		Anther culture efficiency A X (B+C)
				AR-2* medium(B) − % −	MS** medium(C) − % −	
UC157	8	3,191	22.8	0.4	3.3	0.8
UC309	6	2,269	27.5	2.8	7.1	2.7
UC500	4	3,363	18.7	3.3	12.4	2.9
UC711	11	2,522	11.5	1.6	5.2	0.8
UC800	1	185	11.9	0.0	4.6	0.5
UC New 500	9	1,641	16.8	0.8	6.7	1.3
UC500W	2	353	53.3	4.0	9.4	7.1
UC New Dwarf 5	6	794	1.3	6.8	6.0	0.2
UC New High 5	6	900	17.1	2.1	10.9	2.2
500009	15	2,443	21.6	0.2	4.0	0.9
Mary Washington	12	2,494	16.8	1.0	5.5	1.1
Total and Average	80	20,155	19.2	1.9	6.6	1.6

*, ** : Same as Table 1.

蘆筍各品種間花葯癒合組織分化所得植株染色體之分佈，由表3 可知，以二倍體所佔比率60.6%最高，四倍體佔24.3%次之，單倍體佔 8.2%又次之，三倍體及混雜體 (mixaploid) 所佔比率較少。這些結果顯示花葯培養過程中，染色體之變化頗大，有核融合 (nuclear fusion) 或核內有絲分裂 (endomitosis) 等現象發生。

表3. 蘆筍花葯來源癒合組織分化所得植株之染色體分佈。

Table 3. The chromosome distribution of anther-derived plants of asparagus

Varieties	Number of plants					Total
	Haploid	Diploid	Triploid	Tetraploid	Mixaploid	
UC157	3	12	1	4	0	20
UC309	14	21	5	14	4	58
UC500	22	212	18	84	0	336
UC711	0	8	0	3	0	11
UC New 500	0	1	1	3	0	5
UC500W	0	8	0	0	0	8
UC New Dwarf 5	0	6	0	2	0	8
UC5000W	0	6	0	0	1	7
UC New High 5	0	6	0	1	1	8
Mary Washington	0	4	0	4	0	8
Total	39	284	25	115	6	469
Percentage	8.2	60.6	5.3	24.3	1.3	

多次花葯癒合組織誘導分化之試驗結果顯示，癒合組織之日齡和綠芽分化率間有密切的關係，因此進行進一步之試驗，即將UC 500-5雄株所誘導不同日齡之花葯癒合組織，分如表4 所示之 I 、II 二種方式進行綠芽分化之誘導。 I 法：花葯癒合組織先培養於AR-2分化培養基，二個月後未分化之癒合組織再繼代培養於MS培養基。II 法：第一次分化處理之AR-2培養基以MS代替，其他和 I 法相同。結果列如表4 ，以50日齡癒合組織之綠芽分化力最強，在 I 、II 法之分化處理分別有59.0%及29.4%形成綠芽，因此此時期之花葯培養效率也最高， I 、II 法處理分別爲28.6%及14.3%；隨著癒合組織日齡之減少或增加，分化綠芽之能力呈降低之趨勢。兩種方法之分化誘導處理， I 法優於 II 法。以 I 法誘導分化，40日齡以前之結果和表1 有相同之趨勢，即第二分化培養 (MS) 比第一分化培養基 (AR-2) 效果好，50日齡以後至80日齡之癒合組織，則MS及AR-2二種分化培養基呈大約相等之效力。若以 II 法誘導分化，則40日齡以前之癒合組織，不管是以第一或第二分化培養基處理 (均爲 MS) ，其分化綠芽之能力均極差；50～80日齡之癒合組織則第一次MS培養基之分化效果大幅度提高，但第二次 MS 之分化效果仍無起色；換言之，若第一次不使用AR-2分化培養基誘導分化，則第二次之 MS 分化效果無法顯現，而形成較久之癒合組織 (50～80日齡) 比40日齡以前者，較易誘導綠芽之形成。

表4. 蘆筍UC500－5單株不同日齡之花葯癒合組織培養於不同分化培養基之花葯培養效率。

Table 4. Influence of callus age on the differentiation ability in asparagus anther culture (UC500－5)

Days after callus emergence	Differen－tiation medium used*	No. of callus cultured	% of callus forming green plants in			Anther culture efficiency A**X(B+C)
			1st medium (B)	2nd medium (C)	Total	
10	I	268	4.5	10.7	15.2	7.4
	II	179	1.1	0.8	1.9	0.9
20	I	309	9.7	20.9	31.6	14.8
	II	250	4.0	1.6	5.6	2.7
30	I	282	9.9	21.1	31.0	15.0
	II	275	2.9	0.4	3.3	1.6
40	I	255	12.2	24.6	36.8	17.8
	II	276	5.1	0.4	5.5	2.7
50	I	23	30.4	28.6	59.0	28.6
	II	26	23.1	6.3	29.4	14.4
60	I	·39	15.4	22.9	38.3	18.6
	II	39	20.5	0.0	20.5	9.9
70	I	66	19.7	15.7	35.4	17.2
	II	52	13.5	0.0	13.5	6.5
80	I	13	23.1	20.0	43.1	20.9
	II	25	12.0	4.6	16.6	8.0
90－100	I	5	0.0	40.0	40.0	19.4
	II	5	0.0	0.0	0.0	0.0
Total and	I	1,260	13.9	22.7	36.6	17.7
average	II	1,127	10.5	1.6	12.1	5.2

* I:Anther callus was firstly transferred into AR－2 medium for organ induction, two months later, those non－regenerative callus were then transferred into MS medium for another two months.
II:Anther callus was firstly transferred into MS medium for organ induction, two months later, those non－regenerative callus were then transferred into new MS medium for another two months.
** A:Percentage of callus induction = 48.5%.

討　論

許多報告指出花葯癒合組織的形成，因品種、品系、單株及雜交組合之不同而有很大的差異[2,3,12]。Yakuma *et al.* 培養一個品種的蘆筍花葯，獲得79.3%的癒合組織誘導率[21]。Inagaki *et al.* 發現所培養的三蘆筍品種，花葯癒合組織誘導率分別為 72、86及 90%[14]。而 Falavigna 培養 Early of Argen teuil品種之蘆筍花葯，僅得 1.5%之癒合組織誘導率[6]。本試驗表1 、2 之結果亦顯示，蘆筍花葯癒合組織之誘導率，確因單株及品種之不同而有極大之差異。

蘆筍花葯癒合組織分化綠苗的能力，許多學者均曾報導因單株及品種之不同而異[8,12,16,17]；Falavigna即曾報導蘆筍花葯癒合組織之分化率可高達46.6%[8]；本研究表1及表2各單株及品種間花葯癒合組織之分化率及育種效率，亦顯示明顯的差異性，此乃因供試的八十株雄株蘆筍品種，均係由美國引進，由於親本不純及雜交後F_1呈現不同的表現型，所以即使相同品種內之各單株，亦顯現出基因型上之差異，因此品種或單株間之癒合組織誘導率及植株分化率會有差異。

由表3 可知，各品種間花葯培養分化之植株染色體分佈，以二倍體60.6%最多，四倍體24.3%次之，單倍體8.2%又次之，三倍體及混雜體較少，此與Falavigna 發現蘆筍花葯培養分化植株染色體之分佈，以二倍體64%最高，四倍體25%次之，三倍體8%又次之，單倍體3%最少之結果頗為一致[8]。

大部份植物花葯培養所得之植物體，會產生染色體倍數性之變異，這點與菸草花葯培養經由胚狀

體形成幾乎全爲單倍體的結果有很大的不同[2]。蘆筍花葯癒合組織先經含有NAA及BA培養基的誘導，再經AR－2分化培養基之刺激後，培養於MS培養基誘導植株產生，由於NAA及BA等植物生長調節劑之刺激，致使所得植株染色體產生極大的變異是極其自然的事；單倍體細胞可因核融合（nuclear fusion） 或核內有絲分裂（endomitosis）倍加爲多倍體，在水稻極爲常見[1,3,5]，這二種倍加機制，也可能是蘆筍花葯癒合組織形成各種倍數體植株之主要原因。

誘導蘆筍花葯癒合組織形成及分化的培養基，許多學者看法不同，主要在植物生長調節劑的種類及濃度的變化。通常NAA及BA兩種植物生長調節劑，較常被使用於蘆筍花葯培養[4,12,16,17,19]，其濃度一般爲1～ 5 mg／l的NAA配合 0.1 ～ 1 mg／l 的BA較易誘導癒合組織的形成。若將癒合組織繼代培養於含有NAA及BA各爲1 mg／l 的培養基，則癒合組織生長更佳。但若將癒合組織繼代培養於0.1～0.5 mg／l的NAA及1 mg／l BA的培養基，則可分化較多之植株。蔡等報導以6% sucrose配合2 mg／l NAA及1 mg／l BA之MS基本鹽類培養基，對蘆筍花葯癒合組織之誘導最恰當[4,17]；而誘導分化之培養基則以含1 mg／l NAA及0.5 mg／l BA之植物生長調節劑最佳[17]。

不同日齡之花葯癒合組織培養於二種分化培養基後，顯示50日齡之癒合組織所具之分化能力最高，太幼嫩或過老之癒合組織分化力均降低。蔡和林發現肉眼可見之日起10天之水稻花葯癒合組織分化率最高，且形成之綠苗數最多，太老或經繼代培養後之癒合組織，不但分化能力降低，而且形成較多之白苗[1]；本研究發現蘆筍花葯癒合組織生長緩慢，且較不易褐化，唯若將太幼嫩（10日左右）之癒合組織移至分化培養基，極易因生長不良而死亡，因而降低綠芽之分化率。Yakuma et al. 發現蘆筍之花葯癒合組織培養於有 NAA 及 BA 之培養基上，23 週後仍具極高之綠芽分化率[19]，這種癒合組織不易老化之特性，對誘導植株之分化極爲有利；本研究亦發現蘆筍之花葯癒合組織，適合長時間培養於含有 NAA及 BA 之培養基而不易褐化死亡；而且此花葯癒合組織之懸浮細胞，雖經二十次以上之繼代培養，仍不失其分化器官之能力（蔡，資料未發表）。

此外，蘆筍花葯癒合組織先繼代培養於含有適量 NAA 及 BA 之 AR－2 培養基，再繼代培養於MS培養基之分化能力，較經二次 MS 培養基之分化處理，其綠芽形成率高出甚多，如50日齡之花葯癒合組織，其綠芽形成率分別爲59.0%（AR－2,MS處理）及29.4%（MS,MS處理）；此種結果表示蘆筍花葯癒合組織之分化，早期需有植物生長調節劑之刺激誘導（trigger effect），才能誘導癒合組織形成器官或胚狀體，而這些器官若能在含有稍低或甚至沒有植物生長調節劑之培養基（MS）中生長，則能誘導較多之植物體形成。40日齡以前之MS－MS處理（II法），植物體形成偏低，約在1.1%～5.1%間，而 50～80日齡之老癒合組織，則情形顯著改善（12～23.1%間），可能的原因爲所誘導之花葯癒合組織，可獲得癒合組織誘導培養基中所含植物生長調節劑之刺激所致。

綜合以上之結果，得知選擇性狀優良且育種效率較高之單株，採其單核期花葯接種於含有2 mg／l NAA ，1 mg／l BA及6% sucrose之 MS 培養基[4]，在黑暗中培養，將50日齡之癒合組織繼代培養於1 mg／l NAA，0.5 mg／l BA及2.5% sucrose之Murashige *et al*.(1972) 培養基[17]，照光下培養二個月後，再繼代培養於不加植物生長調節劑之 MS 培養基上二個月，可得最佳之花葯培養效率。此種花葯培養誘導植株形成過程的建立，將有助於今後實際從事蘆筍育種工作之加速。

引用文獻

1. 蔡秀錦、林明華。1977。水稻花葯培養以育成植株之研究。中華農業研究 26(2):100－112。

2. 蔡新聲。1980。花葯培養單倍體植物之形成及應用。科學農業 28:379－396。

3. 蔡新聲、鄧耀宗、賴本智、紀迺淳。1981。秈梗稻雜種的花葯培養。中華農業研究 30(4):133－139。

4. 蔡新聲、賴本智、紀迺淳。1980 。蘆筍花葯培養單倍植物體形成之研究。中華農業研究 29(4):309－319。

5. Chen, C. C. and C. M. Chen. 1980. Change in chromosome number in microspore callus of rice during

successive subculture. Can. J. Genet. Cytol. 22:697－614.

6. Corriols, L., C. Dore and C. Rameau. 1989.: Commercial release in France of Andrens. The first made F_1 hybrid. Proc. 7th Intl. Asparagus Symp. P. 26, (Abstracts) Ferrara, Italy.

7. Dore, M. C. 1973. Androgenese in vitro par culture d'anttheres d'*Asparagus officinalis*. I. Etat actuel des recherches. In 4'eme Reunion sur la Selection de l'Asperge (L. Thevenin, ed.). pp. 173－181, Eucarpia Sect. Horticole, Versailles.

8. Falavigna, A. 1979. Pure lines of *Asparagus officinalis* L. obtained by in vitro culture in Italy. In Proc. 5th Intl. Asparaugs Symposium (G. Reuther, ed.). pp. 91－99, Eucarpia Section Vegetables, Geisenheim Forschungsanstalt, Federal Republic of Germany.

9. Falavigna, A., M. G. Tacconi and P. E. Casali. 1985. Asparagus breeding through anther vitro culture: eight years of activity in Italy. Proc. 6th Intl. Asparagus Symp. pp. 31－40, Univ. of Guelph, Guelph, Canada.

10. Genovesi, A. D. and C. W. Magill. 1982. Embryogenesis in callus derived from rice microspores. Plant Cell Reports 1:257－260.

11. Hondelmann, W. and B. Wilberg. 1973. Breeding all male varieties of asparagus by utilization of anther and tissue culture. Z. Pflanzenzuctg. 69:19－24.

12. Inagaki, N., T. Harada and T. Yakuma. 1980. Studies on the anther culture of horticultural crops I. Callus formation from the anthers of asparagus. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 49(1):71－78.

13. Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio－assays with tobacco tissue culture. Physiol. Plant. 15: 473－497.

14. Murashige, T., M. N. Shabed, P. M. Hasegawa, F. H. Takatori and J. B. Jones.1972. Propagation of asparagus through shoot apex culture. I. Nutrient medium for formation of plantlets. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97(2):158－161.

15. Pelletier, C., C. Raquin and G. Simon. 1972. La culture in vitro d'anthere d'asperge (*Asparagus officinalis)*. C. R. Acad. Sci. 274D:848－851.

16. Tsay, H. S., P. C. Lai and L. J. Chen. 1982. Breeding for all－male plants through tissue culture in asparagus. Proc. Plant Breeding Symp. under the ROC regional society of SABRAO and Agricultural Association of China, pp. 201－208.

17. Tsay, H. S., P. C. Lai, L. J. Chen and N. C. Chi. 1981. The development of haploid plants of *Asparagus officialis* L. through anther culture. Proc. 4th Intl. Symp. SABRAO. pp. 313－325, Kuala Lumpus, Malaysia, 4－8, May 1981.

18. Uragami, A. and M. Yoshikawa. 1985. The breeding process of the all male clonal hybrid. Proc. 6th Intl. Asparagus Symp. p. 378, Univ. of Guelph, Guelph. Canada.

19. Yakuma, T., T. Harada, N. Inagaki and Y Shiga. 1972. Studies on the anther culture of horticultural crops. I. Callus and organ formation in anther culture of asparagus. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 41(3):272－280.

Breeding for All－Male Plants through Anther Culture in Asparagus I. The Anther Culture Efficiency among Different Varieties and Plants[1]

P. C. Lai[2], J. Y. Hsu[3], C. C. Yeh[3] and H. S. Tsay[4]

summary

The purpose of this experiment was to obtain homozygous male and female asparagus plants through the techniques of anther culture. Special efforts were made A) to clarify the anther culture efficiency (number of green plants produced per 100 cultured anthers) of the individual plants, the effects of the different differentiation media, the callus of different age on plant regeneration, and the chromosome distribution of anther－derived plants. The results are summarized as follows:

1. Anther culture efficiency varied among individual plants as well as different varieties and it was highest (14.6%) for UC500W－20 among the 80 plants tested. This variation was probably due to genetic diversity. Cytological study of root tips of the anther－derived plants revealed marked variation in chomosome number including haploid (8.2%), diploid (60.6%), triploid (5.3%), tetraploid (24.3%) and mixoploid (1.3%).

2. The organ regeneration process of anther－derived callus was well－established as follows: Callus induced from a medium containing 1/2 strength (except Na－Fe－EDTA) of Murashige and Skoog (MS) (1962) salts supplemented with 2 mg/l NAA, 1 mg/l BA and 6% sucrose were firstly transferred to differentiation medium composed of Murashige *et al.* (1972) medium with 1 mg/l NAA and 0.5 mg/l BA. Two months later, non－regenerative callus were then transferred to the MS basal medium supplemented with only 3% sucrose.

3. The induction of callus mostly occurred at 30 to 60 days after the anthers were cultured. The highest differentiation ability could be obtained from the callus of 50 day age.

Key Words : Asparagus, Anther culture, All-male breeding.

---

1. Contribution No. 1555 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported by a grant from Council of Agriculture, Republic of China.
2. 3.4. Former Agronomist (The President of Taida Orchid Nursery, now), Research Assistants, and Senior Agronomist, respectively, Department of Agronomy, TARI,Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 413, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agri. Res. China) 40(1)：102～114 (1991)

蘆筍花葯培養之全雄育種
II. 花葯來源單倍體植株染色體之倍加[1]

許家言[2]　賴本智[3]　葉常青[2]　蔡新聲[4]

摘要：本研究之目的在探討蘆筍花葯來源單倍體染色體倍加的方法，所得結果摘錄如下：

1. 單倍體莖頂培養之繁殖苗，經五次繼代培養後，約有6.0%可自然倍加成二倍體。

2. 秋水仙鹼處理法：在溫室中使用羊毛脂塗抹法與棉花點滴法之倍加成功率爲21.2～97.0%之間，其中以1.2%秋水仙鹼之羊毛脂塗抹法處理之效果最佳，連續處理六天每天一次，倍加率可達97.0%。試管內之培養基法及浸漬法的倍加效果均較液體振盪法爲高。其中以0.4% 秋水仙鹼之培養基法或0.4% 秋水仙鹼浸漬2小時兩個處理的倍加率較高，各爲41.4%及45.0%。經倍加處理後所產生之高倍數體 (polyploid)、異數體(aneuploid)、混雜體(mixaploid) 及細胞嵌合體(cytochimeras) 的現象極少。但染色體之倍加效果易受外界環境影響而呈現不穩定的現象，且倍加效果因單倍體的來源不同而異。

3. 利用單倍體莖頂培養於含有2 mg／l 2,4－D(2,4－dichlorophenoxyacetic acid)之MS(Murashige and Skoog,1962)培養基中誘導之癒合組織，再繼代培養於分化培養基上，所獲得植株中有7.7%～50.0%的二倍體。且所獲得的二倍體發根有改善之現象。因此可解決部份超雄株發根困難之問題。

利用以上所述之方法，已可由花葯培養所得之單倍體經染色體倍加後育成蘆筍之超雄株個體。

關鍵詞：蘆筍，花葯培養，全雄育種，染色體倍加。

蘆筍(*Asparagus officinalis* L.)是百合科多年生的宿根性植物，雌雄異株，爲本省重要的經濟作物之一。自1943年至今，許多學者專家均認爲蘆筍雄株之嫩莖產量高於雌株，因此若育成全雄品種，則單位面積產量將可大大提高[1,16,17,20,21]。利用花葯培養獲得之單倍體，進行染色體數目的倍加，可得同質二倍體，這種方式的育種法不但可縮短育種時間，且能提高選拔效果[3,13]；又蘆筍花葯培養獲得的雄性單倍體 (Y) ，經染色體倍加成超雄性雙倍體 (YY) 後，再與雌性個體 (XX) 交配，可得全雄且均質之F_1種子 (XY) ，此種新的育種法近年來已成爲世界蘆筍生產國家所急欲達成之目標[10,11,12,19,32,33]。

Tsay *et al*.報導蘆筍花葯培養，所獲得之植物體中約有8.2% 爲單倍體[31,33]；因單倍體不稔實，故必須使染色體倍加成純質二倍體，才可應用於育種上，因此在蘆筍的全雄育種過程中，進行單倍體染色體倍加之工作極爲重要。倍加染色體的方法可分爲自發性倍加 (spontaneous doubling) 及人爲倍加處理[2]。自發性的倍加屬偶然巧合之現象，一般產生之比例相當低[9,26]，因此人爲倍加乃成爲必然手段。

1. 台灣省農業試驗所　研究報告第 1556 號，本研究承農委會經費補助，文稿英文部份承本所農藝系劉大江博士斧正，特此申謝。
2. 3. 4.分別爲本所農藝系助理，前助理研究員 (目前爲台大蘭園總經理) 及研究員。台灣省　台中縣　霧峰鄉。

人爲倍加染色體處理之方法有：1）異種屬間之雜交：在後代中尋求稔性高之多元體，唯此等現象發生之機會極少[2]。 2）再生現象之利用：即切斷植物體，由其癒合組織養成再生之不定芽，由此可獲得多倍體，此種方法常用於育成同質多元體[2,7,23,25]。3）物理及化學的刺激法：如高溫、低溫、遠心力、X－ray及化學葯品 aurantia、acenaphtein及秋水仙鹼（colchicine）之處理等；其中除秋水仙鹼外，多倍體之發生率均甚低或常產生生理障礙，故不具實用性[2]。秋水仙鹼法使用簡單，且染色體倍加比率頗高，故一般學者常利用之以育成多元體[2,4,6,14,18]。秋水仙鹼爲由秋水仙（*Colchicum autumnale* L.）之種子及球莖中所抽出之一種植物鹼（alkaloid），其分子式爲 $C_{22}H_{25}NO_6$，呈黃色粉末或結晶狀，爲強苦味之有毒物質，其主要生化學作用爲抑制分裂中細胞之紡錘絲與細胞膜形成，但對染色體之分裂毫無影響[2,22,30]。一般處理的方法有浸漬法、點滴法、羊毛脂法、洋菜培養基法、噴霧法及振盪培養法等[2,22]。本試驗將探討各種處理法之倍加效果及優缺點。

材料與方法

本試驗係利用蘆筍花葯來源之單倍體植株進行以下試驗：

一、以繼代培養產生之染色體自然倍加：

自溫室中選取外表型及根尖細胞鏡檢均確定爲單倍體之幼苗22株，切取基部新長出長度約2～3 mm之分蘗幼芽莖頂，培養於含有0.3 mg／l NAA、0.1 mg／l kinetin、40 mg／l adenine sulfate、170 mg／l $NaH_2PO \cdot 2H_2O$、500 mg／l malt extract及 2.5% sucrose之Murashige *et al.*(1972)蘆筍繁殖培養基上（簡稱 AM 培養基），三個月後分株繼代培養於相同培養基，如此經過五次繼代培養後，移出試管進行根尖細胞壓片鏡檢染色體數目，以統計單倍體植株之自然倍加率及調查不同來源單倍體之倍加差異性。

二・以秋水仙鹼處理之人爲染色體倍加：

(一)本試驗所有秋水仙鹼之配製均使用以下的方法：

1. 配製原液(stock solution)：將4g秋水仙鹼粉末與2ml DMSO(dimethyl sulfoxide)，0.2 mg GA和0.1 ml Tween 20充分攪件至完全溶解後，加蒸餾水全量至100 ml，調整pH值爲5.7(此原液濃度爲含秋水仙鹼 40,000 ppm)。
2. 在配製含有秋水仙鹼之洋菜培養基時，先配置基本培養基，置於高壓殺菌釜(autoclave) 中殺菌後，在無菌操作台上冷卻至60°C以下，加入經0.45μ millipore membrane過濾之秋水仙鹼溶液（因60°C以上可使秋水仙鹼失去生化作用），攪拌均勻後，分別盛裝於經殺菌過之容器中。

(二)秋水仙鹼之處理如下：

1. 培養基法：配製如表2含不同濃度秋水仙鹼之MS培養基（含3% sucrose），培養約2～3 mm之單倍體莖頂。一個月後，繼代培養於不含秋水仙鹼之繁殖培養基(AM)，兩個月後調查外表性狀之倍加比例及致死率。
2. 浸漬法：將5 mm長的單倍體莖頂浸漬於不同濃度秋水仙鹼溶液中，行不同時間及溫度處理（如表3,4及5），再切取1 mm莖頂培養於不含秋水仙鹼之繁殖培養基(AM)。兩個月後調查外表性狀之倍加情形及致死率。
3. 液體振盪法：切取5 mm長之單倍體莖頂，於表6所示之不同濃度秋水仙鹼溶液中行振盪培養(suspension culture),振盪速率爲150rpm,10～15天後，切取3 mm莖頂培養於不含秋水仙鹼之繁殖培養基(AM)，兩個月後調查倍加百分比。
4. 羊毛脂塗抹法：如表7將不同比例之秋水仙鹼粉末與羊毛脂(lanolin)充分拌均後，塗抹於3～4個月齡盆栽單倍體幼苗新發出之分蘗芽頂端，每日處理一次，連續六次後，調查芽體外

表膨大之倍加比例。

5. 棉花點滴法：如表8以棉花沾取不同濃度之秋水仙鹼溶液，點滴於盆栽幼苗新長出分蘗芽之頂端，每日處理一次，連續六次後，調查芽體外表膨大之倍加比例。

三、經由癒合組織誘致的染色體倍加法：

切取約2～3 mm長之單倍體莖頂，培養於含有1～2 mg／l 2,4－D或2 mg ／l NAA(α－naphthaleneacetic acid) 之 MS 培養基，置於黑暗中培養，待癒合組織生成後，再繼代培養於含有 1 mg／l NAA、0.5 mg／l BA、40 mg／l adenine sulfate、170 mg／l $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$ 、500 mg／l malt extract 、2.5% sucrose及 MS 基本鹽類之分化培養基以誘導植物體形成。形成之植株進行外表倍數性調查以統計單倍體與二倍體之比例。

預備試驗顯示經秋水仙鹼處理後之蘆筍單倍體可呈膨大現象，此膨大組織經發根誘導進行染色體數目之鑑定，發現 80%以上之膨大體染色體均已倍加成二倍體，由於染色體鑑定費時費力，所以本試驗之調查資料，以膨大代表染色體倍加成功之比率。

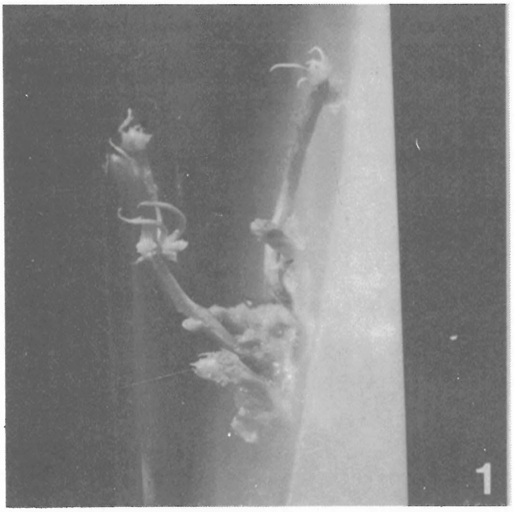
結　　果

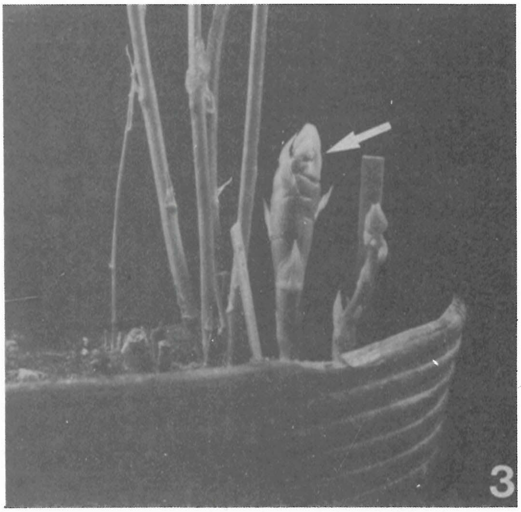
一、以繼代培養產生之自然倍加：

將22株單倍體分別行莖頂培養，三個月後分株繼代培養於相同的繁殖培養基上，如此每三個月繼代培養一次，至第五次共繁殖352株試管苗。移出試管後一個月進行外表倍數性的調查及壓片鏡檢根尖細胞的染色體數目。由表1顯示在352株中有21株（6.0%）自然倍加爲二倍體，1株（0.3%）爲四倍體。不同來源單倍體植株之自然倍加率有明顯差異，如CA－202,CA－194與CA－ 210雖經數次繼代培養仍保持其單倍體的染色體數目（n＝10），但CA－192則有38.9%的自然倍加率，其他單倍體來源自然倍加率在1.4～16.7%。

二、秋水仙鹼處理的倍加效果：

1. 培養基法：表2顯示秋水仙鹼在培養基中之濃度以0.4%處理的倍加比率最高，爲41.4%，0.2%與0.8%處理次之，爲23.0% 左右。依處理濃度之降低，倍加率亦隨之下降。0.05%處理則無倍加現象。過高濃度的處理，如0.8 %、1.2%，倍加率亦呈降低的趨勢。致死率則依處理濃度的上升而有增加的現象。0.05%與0.1%處理的致死率僅1.7%，而1.2%處理的致死率則達21.1%。圖1爲花葯來源單倍體經秋水仙鹼處理後所得之染色体倍加苗。
2. 浸漬法：表 3顯示以0.05%、0.1%、0.2%及0.4% 四種秋水仙鹼濃度，浸漬4小時的倍加率在14.3～16.7%；0.4%濃度處理浸漬8小時以上的倍加率降低，尤其是浸漬12及24小時兩處理之死亡率皆達100%。高濃度如0.8%、1. 6%的秋水仙鹼處理4小時，亦有相當比例的倍加成功率各爲12.5% 與 11. 1%；所有4小時處理中除對照組、0.05及0.1% 秋水仙鹼之處理無致死外，其餘處理之致死率在1.9～22.2%之間，且處理濃度愈高，死亡率亦愈高。表4顯示，在23°C溫度條件下，所有處理的倍加率介於3.3～45.0%之間，其中以0.4%浸漬2小時之倍加率最高，達45.0%(圖2)；在處理濃度上，以0.4%之倍加率最高(平均爲24.0%)，0.2%次之(平均爲20.0%)，0.1%又次之（平均爲12.5%)，0.05% 最低（平均爲6.7%)；在浸漬時間上，低濃度的處理如0.05%、0.1%與0.2%，以浸漬4小時的倍加率較高(分別爲10.0%, 23.3%與30.0%)，0.4% 則以浸漬2小時的倍加率最高(45.0%)。致死率則只在0.4%秋水仙鹼浸漬8小時之處理有10.0%致死外，其他處理均無致死現象。而表 5則顯示在28°C溫度條件下，所有處理的倍加成功率一般均較23°C爲低，介於 0～16.7%間；浸漬濃度則以 0.05% 的倍加率最高，濃度增高，倍加率反有降低的現象；各種濃度秋水仙鹼之浸漬時間均以2小時的處理倍加率較佳，浸漬1小時的處理均無倍加現象，而浸漬8小時者不僅倍加率降低，且致死率增高(約6.7～16.0%)。





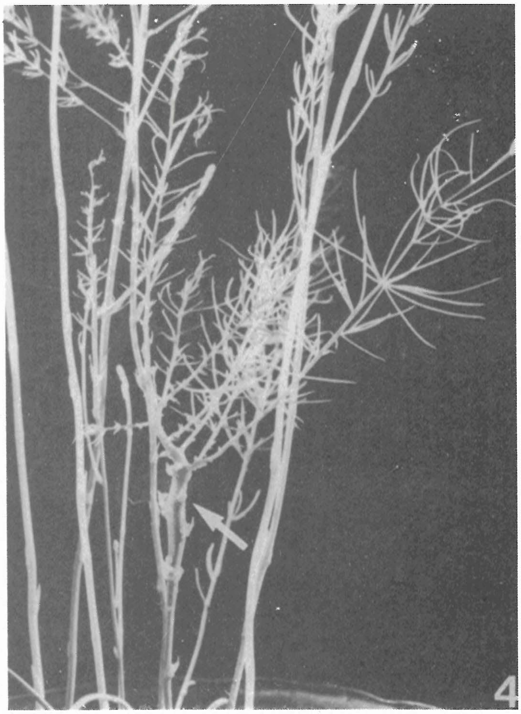


圖 1. 蘆筍單倍体芽体經以含有秋水仙鹼之培養基處理後獲得之二倍体植株。
Fig. 1. Chromosome doubled plant from haploid bud cultured in colchicine-containing medium.

圖 2. 蘆筍單倍体芽以0.4%秋水仙鹼溶液處理 2小時後，再培養於MS培養基中獲得之二倍体芽。
Fig. 2. Chromosome doubled plant from haploid bud treated by 0.4% colchicine solution for 2 hrs and cultured in MS medium.

圖 3-4. 盆栽單倍体芽以秋水仙鹼羊毛脂軟膏處理後2天（圖3）及7天（圖4）芽体膨脹情形（箭頭所指）。
Fig. 3-4. Swelled bud (arrow) was obtained from haploid spears treated by colchicine-paste for 2 days (Fig. 3) and 7 days (Fig. 4).

3. 液體振盪法：表6顯示單倍體莖頂以0.001～0.005%秋水仙鹼溶液振盪處理的倍加率在2～6%，其中以0.005%處理的倍加率較好(6%)。處理 10天及15天的倍加率差異不大，但處理15天者，有部份致死現象產生，且致死率隨秋水仙鹼濃度之增加而提高，而 10 天處理都無致死現象產生。
4. 羊毛脂塗抹法：表7顯示四種處理濃度中以1.2% 的倍加比例最佳，高達97 %，且處理 2～3次即有倍加效果。0.8%及0.4%濃度次之，倍加率均爲64.7 %，0.2%濃度之倍加率最低爲21.2%，且需處理至少 4次以後才產生倍加效果，而濃度高於 0.4%之處理，經處理第四次後倍加已達2／3以上。圖 3及圖 4爲單倍體幼苗分蘖芽，經秋水仙鹼的羊毛脂塗抹法處理2天及7天的膨大倍加情形。
5. 棉花點滴法：表8顯示以1.2% 秋水仙鹼溶液處理之倍加率最高，爲57.6%，處理次數愈多倍加之機會愈高，唯芽之死亡率亦隨之提高。0.8%濃度的處理效果次之(51.7%)，0.4%效果最低(30.3%)，且需處理3次以上才有倍加效果，處理六次之倍加效果顯然優於處理次數少者。

三、經由癒合組織誘致染色體倍加法：

表9顯示將單倍體莖頂培養於含有2 mg／l NAA或2 mg／l 2,4－D之 MS培養基，誘導癒合組織形成，再繼代培養癒合組織於分化培養基上，獲得之植株調查外表型倍數性。兩個處理以 2 mg／l 2,4－D 的倍加率較高爲12.3%，2 mg／l NAA 的倍加率爲10.5%。表10爲以2 mg／l 2,4－D處理不同單倍體來源之莖頂，再分化獲得植株倍加之比率，在7.7～50.0%之間，比1 mg／l 2,4－D處理效果介於（0～10.9%）間爲優。在所有表10之不同來源單倍體中，均有2 mg／l 2,4－D優於1 mg／l極爲一致之結果，而不同來源之單倍體亦顯現不同的倍加率。

四、超雄株之育成：

本試驗利用秋水仙鹼處理及癒合組織再生不定芽的方法，已成功的將單倍體倍加爲二倍體而育成超雄株（圖5）。超雄株之外表特性與單倍體植株稍有類似，但葉針較長、莖葉色較綠且節間較長，與一般異質二倍體亦有少許不同，如開芒較多、葉針較長且開展性強，及幼年植株呈叢生狀等特性。

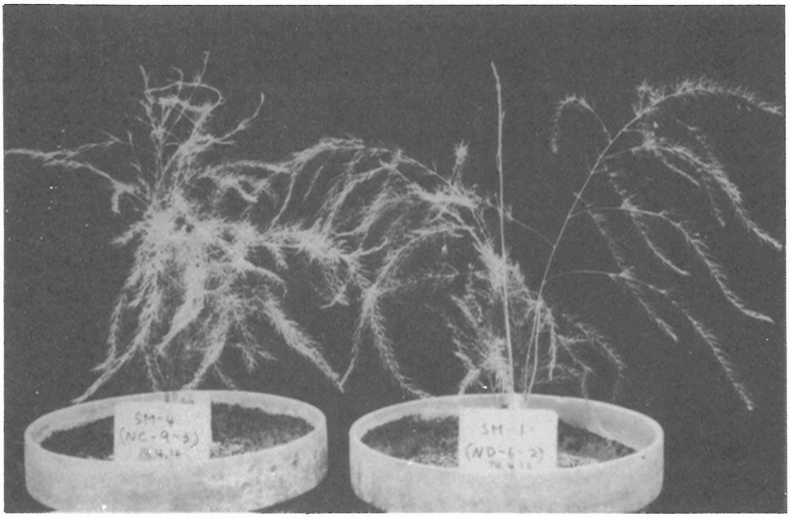


圖 5. 染色體倍加成功之蘆筍超雄株已供雜交組合力核定及生產全雄種子之用。
Fig. 5. Supermale plants are selected for combining ability test and all－male seeds production.

討　論

一般花葯培養所得之單倍體具不稔實且生長勢較弱之特質。若要廣泛應用於育種上，使染色體倍加成同質二倍體乃爲必須之過程。倍加染色體的方法可分爲自然倍加及人爲倍加兩種[2,22]。自然倍加多由於核內有絲分裂（endomitosis）或核融合（nuclear fusion）所導致，可藉多次繼代培養以促進，但因屬偶發性的，故產生比率不穩定[2,9,26]。本試驗顯示蘆筍單倍體經五次繼代培養自然倍加成二倍體的比率爲5.7%　，不同來源單倍體之自然倍加率有明顯的差異。如CA－192達38.9%、 CA－223 爲16.7%，而CA－202、CA－194 及CA－210等單倍体植株則無倍加的現象（表1）。

表 1. 蘆筍單倍体經5次繼代培養後植株之染色体倍數性

Table 1. The ploidy level in some representative anther－ derived haploids of asparagus plants after five successive subculture

Source of haploids	No. of plants	Ploidy level of plants		
		N	2N	4N
CA－192	36	22	14(38.9)*	0
CA－194	12	12	0	0
CA－197	18	17	1(5.6)	0
CA－202	24	24	0	0
CA－208	28	26	2(7.1)	0
CA－210	12	12	0	0
CA－223	6	5	1(16.7)	0
CA－224	216	212	3(1.4)	1(0.5)
Total	352	330	21(6.0)	1(0.3)

* ( ):percentage.

秋水仙鹼對分裂中的細胞，有抑制紡錘絲及細胞壁形成的效果，因此可使染色體數目倍加[2,5,22,30]。一般處理的方法有浸漬法[2,6,15,28,29]、羊毛脂塗抹法[2]、點滴法[2,24]、培養基法[2,8,14]、噴霧法[2]、液體振盪法[4,15,18]、及兩界面法[8]等。Braak報導以1.6%秋水仙鹼溶液使用浸漬法　(soaking method）與滲透法（infiltration method）處理二倍體種子，可得到60%的四倍體，而以0.2%溶液處理僅有極少數的四倍體產生[6]。Goldy and Lyrene 使用液體振盪法處理藍莓（blueberry）的扦插苗[15]；Heinz and Mee 進行甘蔗的細胞培養[18]；Chavade and Becker 使用培養基法處理 *Valeriana wallichii* DC的扦插苗[8]；Perry and Lyrene 以浸漬法處理 *Vaccinium* spp. 的營養体（包括許多芽體）均顯示有染色體倍加的現象，且有少數異數體的出現[28]。本研究顯示秋水仙鹼的處理方法，對倍加染色體具有明顯不同的效果，其中以羊毛脂塗抹法的倍加效果最高，芽體膨脹率約在21.2～97.0平均達 61.9%（表7）；棉花點滴法之倍加率次之，在30.3～57.6%之間平均達46.3%（表8）；培養基法之誘導倍加率介於 0～41.4%（表2）之間； 浸漬法倍加率則在 0～45%間（表 3,4,5）；而以液體振盪法最低，僅2～6%（表6）。本研究的結果得知，在試管外植物體上的處理效果較試管內倍加率佳；而試管外之處理，秋水仙鹼濃度較高者（如1.2%)的倍加率較佳，且處理次數少即可產生倍加效果（表7,8）。試管內處理則以較低濃度(如0.2%及0.4%)短時間的效果較佳，所有試管內處理

以含0.4%秋水仙鹼之培養基法(倍加率爲41.4%)及 0.4%秋水仙鹼2小時之浸漬法(倍加率爲45%)兩處理倍加率最高，濃度過高(如 0.8%)常有生長受抑制或致死現象（表2,4）。秋水仙鹼的處理效果不甚穩定，易受外界環境因子的影響，如浸漬法在23°C時倍加率爲3.3～45.0%，但在28°C時僅0～16.7%，且致死率大幅提高（表4,5）。

表 2. 含有秋水仙鹼之培養基對蘆筍單倍体染色体倍加之效果(CA－224)

Table 2. The effect of colchicine containing medium on the formation of swelling bud of anther－derived haploid asparagus plants(CA－224)*

Conc. of colchicine in MS medium	No. of bud cultured	Swelled bud		Dead bud	
		No.	－%－	No.	－%－
－%－					
0	60	0	0	0	0
0.05	60	0	0	1	1.7
0.1	60	3	5.0	1	1.7
0.15	60	11	18.3	4	6.7
0.2	60	14	23.3	6	10.0
0.4	29	12	41.4	3	10.4
0.8	13	3	23.1	2	15.4
1.2	57	9	15.8	12	21.1

* Buds were cultured on colchicine containing medium for one month.

表 3. 秋水仙鹼處理5mm莖頂對蘆筍單倍体染色体倍加之效果(CA－224)

Table 3. The effect of in vitro colchicine solution on the formation of swelling bud of anther－derived haploid asparagus plants(CA－224)*

Conc. of colchicine －%－	Time duration (hr)	No. of bud treated	Swelled bud		Dead bud	
			No.	－%－	No.	－%－
0	0	30	0	0	0	0
0.05	4	7	1	14.3	0	0
0.1	4	7	1	14.3	0	0
0.2	4	52	8	15.4	1	1.9
0.4	4	18	3	16.7	1	5.5
0.4	8	11	1	9.1	2	18.2
0.4	12	21	0	0	21	100.0
0.4	24	14	0	0	14	100.0
0.8	4	8	1	12.5	1	12.5
1.6	4	9	1	11.1	2	22.2

* 5 mm buds were dipped in colchicine solution for 0－24 hrs,
1 mm buds were then dissected and cultured in AM medium.

表 4. 23°C下不同秋水仙鹼濃度及浸漬時間對蘆筍單倍体莖頂染色体倍加之效果(CA－224)

Table 4. Effect of colchicine concentration and immersed duration on formation of swelling bud in shoot tip of haploid asparagus plants (CA－224) at 23°C*

Conc. of colchicine － % －	Time duration (hr)	No. of bud treated	Swelled bud		Dead bud	
			No.	－ % －	No.	－ % －
0.05	1	30	2	6.7	0	0
	2	30	2	6.7	0	0
	4	30	3	10.0	0	0
	8	30	1	3.3	0	0
Total and average		120	8	6.7		
0.1	1	30	2	6.7	0	0
	2	30	3	10.0	0	0
	4	30	7	23.3	0	0
	8	30	3	10.0	0	0
Total and average		120	15	12.5		
0.2	1	30	5	16.7	0	0
	2	30	6	20.0	0	0
	4	30	9	30.0	0	0
	8	30	4	13.3	0	0
Total and average		120	24	20.0		
0.4	1	30	6	20.0	0	0
	2	20	9	45.0	0	0
	4	45	10	22.2	0	0
	8	30	5	16.7	3	10.0
Total and average		125	30	24.0		

* 5 mm buds were dipped in colchicine solution for 1－8 hrs, 1 mm buds were then dissected and cultured in AM medium.

表 5. 28°C下不同秋水仙鹼濃度及浸漬時間對蘆筍單倍体莖頂染色体倍加之效果 (CA－224)

Table 5. Effect of colchicine concentration and immersed duration on formation of swelling bud in shoot tip of haploid asparagus plants (CA－224) at 28°C*

Conc. of colchicine － % －	Time duration (hr)	No. of bud treated	Swelled bud		Dead bud	
			No.	－ % －	No.	－ % －
0.05	1	30	0	0	0	0
	2	30	3	10.0	0	0
	4	30	5	16.7	2	6.7
	8	35	1	2.9	3	8.6
Total and average		125	9	7.2		
0.1	1	30	0	0	0	0
	2	30	2	6.7	0	0
	4	30	2	6.7	0	0
	8	45	0	0	5	11.1
Total and average		125	4	3.2		
0.2	1	30	0	0	0	0
	2	30	1	3.3	0	0
	4	30	1	3.3	0	0
	8	35	0	0	0	0
Total and average		125	2	1.6		
0.4	1	30	0	0	0	6.7
	2	30	1	3.3	2	6.7
	4	30	0	0	3	10.0
	8	50	0	0	8	16.0
Total and average		140	1	0.7		

* 5 mm buds were dipped in colchicine solution for 1－8 hrs, 1 mm buds were then dissected and cultured in AM medium.

表 6. 不同秋水仙鹼濃度之振盪處理對蘆筍單倍体莖頂染色体倍加之效果(CA－224)

Table 6. Effect of colchicine concentration and treatment duration on the formation of swelling bud in shoot tip suspension culture of anther-derived haploid asparagus plants(CA-224)*

Conc. of colchicine －％－	Time duration (hr)	No. of bud treated	Swelled bud		Dead bud	
			No.	－％－	No.	－％－
0.001	10	50	1	2	0	0
	15	50	2	4	0	0
0.002	10	50	2	4	0	0
	15	50	1	2	2	4
0.003	10	50	1	2	0	0
	15	50	1	2	4	8
0.004	10	50	3	6	0	0
	15	50	1	2	9	18
0.005	10	50	3	6	0	0
	15	50	3	6	10	20

* 5 mm buds were dipped in colchicine solution for 1－8 hrs, 3 mm buds were then dissected and cultured in AM medium.

表 7. 秋水仙鹼羊毛脂塗抹法對蘆筍單倍体莖頂染色体倍加之效果(CA－224)

Table 7. The effect of in vivo colchicine－paste treatment on the formation of swelling bud of anther－derived haploid asparagus plants(CA－224)*

Conc. of colchicine －％－	No. of bud treated	Swelled bud		Dead bud		No. of buds swelled after 1－6 treatments					
		No.	－％－	No.	－％－	1	2	3	4	5	6
0.2	33	7	21.2	4	12.1	0	0	0	2	3	2
0.4	34	22	64.7	0	0	3	2	9	3	3	2
0.8	34	22	64.7	1	2.9	1	7	4	3	1	6
1.2	33	32	97.0	1	3.0	0	7	10	9	4	2
Total and average	134	83	61.9	6	4.5						

* Lanolin with colchicine was placed on the shoot tip of haploid buds.

表 8. 秋水仙鹼棉花點滴法對蘆筍單倍体莖頂染色体倍加之效果(CA－224)

Table 8. The effect of in vivo colchicine solution treatment on the formation of swelling bud of anther－derived haploid asparagus plants(CA－224)*

Conc. of colchicine －％－	No. of bud treated	Swelled bud		Dead bud		No. of buds swelled after 1－6 treatments					
		No.	－％－	No.	－％－	1	2	3	4	5	6
0.4	33	10	30.3	3	9.1	0	0	3	1	1	5
0.8	29	15	51.7	0	0	0	4	3	5	0	3
1.2	33	19	57.6	5	15.2	1	2	5	3	4	4
Total and average	95	44	46.3	8	8.4						

* Cotton with colchicine solution was placed on the shoot tip of haploid buds.

利用秋水仙鹼進行染色體倍加處理過程中，常會產生以下三種現象：

1. 多倍體的產生：Espino and Vaequez曾指出由於秋水仙鹼的基本作用爲產生多核細胞(polynucleate cells)，而核的融合會導致多倍數核 (polyploid nuclei)之形成[14]。Broerties研究指出秋水仙鹼的處理濃度愈高或處理時間愈長，多倍體形成的機會愈大，而幼小植株的成活率因而降低[7]。本試驗經秋水仙鹼處理所產生的植株經根尖染色體壓片檢定，僅有極少數多倍體產生（<1%），所得資料尚不足以顯示處理時間長短與處理濃度高低影響多倍體發生之關係。

2. 混雜體、異數體及細胞嵌合體的出現：Espino and Vaequez以秋水仙鹼處理 *Saintpaulia ionantha* 之單倍體得到9%的細胞嵌合體[14]。而 Broerties則得到 1～2%的混雜體，而此類混雜體可藉細胞壓片技術在分裂細胞中鏡檢出染色體數目的變異[7]。混雜體產生的原因，Espino and Vaequez認爲有二，（1）秋水仙鹼無法使所有細胞進行正常分裂。（2）植株的所有細胞分裂並非同時進行，故有些細胞分裂時未受到秋水仙鹼的作用，而其他相鄰細胞分裂時卻受影響導致不同的染色體數目，形成的植株則爲細胞嵌合體[14]。本試驗秋水仙鹼處理後之植株約有 0.5%爲混雜體，亦有約1%的鑲嵌（mosaic）現象，其中包括單倍體與二倍體的嵌合體，二倍體與四倍體的嵌合體。

3. 處理部位產生畸形、壞疽、腐爛或生長受抑制的現象：所有處理方法中以羊毛脂塗抹法與棉花點滴法發生畸形的比例最多（約5%左右）。有時雖見處理部位膨大，但經過一段時間後腐爛壞疽，其原因可能爲溫室高溫多溼的環境所致，此種情形有待移入較冷涼環境，或在已有倍加現象時立刻切取膨大芽尖進行莖頂培養予以克服。Espino and Vaequez 曾提及在培養基中加入0.01～0.02%之秋水仙鹼，培植體即有明顯的壞疽腐爛現象[14]。本試驗之培養基法雖無此種現象，但卻有抑制生長發育甚至致死的情形。這種生長受抑制的現象可藉移植至無秋水仙鹼之繁植培養基予以克服。

許多報告指出植物體之分生組織培養，由其癒合組織誘導再生之不定芽，可獲得多元體，且此多元體大部分屬同質多元體[2,7,23,25]。因此將植物的分生組織培養於含有auxin類生長素，如IAA、NAA、IBA、2,4－D 或其他purine類的培養基中，可完全轉變爲快速增殖而不分化之細胞團（即癒合組織），若調整適當之細胞分裂激素或植物生長素的濃度，則可大量誘致癒合組織之增殖擴大[2,27]，尤其是2,4－D 對癒合組織之誘導及增殖具有很大的效果，故最常被使用[7]；而且 2,4－D可使癒合組織發生細胞學上之改變，在生長進行中，使原爲二倍體之細胞發展爲多倍體[25,27]。本試驗利用此種原理，將單倍體莖頂培養於含有2,4 －D之培養基以誘導出癒合組織後，再繼代培養於分化培養基上，可得6.7～50.0%倍加率（表9,10）。在不同來源單倍體上顯示出利用此法之倍加效果，較秋水仙鹼法穩定，且處理後分化之植株較容易發根，可同時解決蘆筍在試管中不易發根之困難，這似乎與培養基中auxin類生長素濃度提高有關。

表 9. 誘導癒合組織再生法對蘆筍單倍体莖頂染色体倍加之效果 (CA－244)

Table 9. The effect of callus induction media on the formation of swelling bud of anther－derived haploid asparagus plants(CA－244)*

Media	No. of bud treated	Swelled bud	
		No.	－ % －
MS ＋ 2 mg／l NAA	57	6	10.5
MS ＋ 2 mg／l 2,4－D	65	8	12.3

* The shoot tip of haploid were cultured on the treatment media for callus induction, the induced callus were then transferred to differentiation medium for plant regeneration.

表 10. 2,4－D 對不同來源蘆筍單倍体莖頂染色体倍加之效果

Table 10. Influence of 2,4－D on the chromome ploidy of differentiated plants from shoot tip culture of haploid asparagus plants

Haploids	Conc. of 2,4－D (mg／l)	No. of bud treated	Swelled bud	
			No.	－ % －
CA－192	1	38	0	0
	2	102	19	18.6
CA－193	1	20	1	5.0
	2	13	1	7.7
CA－194	1	150	12	8.0
	2	177	46	26.0
CA－197	1	60	3	5.0
	2	33	10	30.3
CA－199	1	20	0	0
	2	26	3	11.5
CA－201	1	31	2	6.5
	2	40	10	25.0
CA－202	1	60	6	10.0
	2	86	29	33.7
CA－208	1	40	4	10.0
	2	28	14	50.0
CA－210	1	46	5	10.9
	2	50	18	36.0
CA－223	1	28	0	0
	2	60	5	8.3
CA－224	1	64	1	1.6
	2	29	4	13.8

引用文獻

1. 洪立。1975。蘆筍之育種。台灣農業研究中心專刊第6號 pp. 151～176。
2. 盧守耕。1961。現代作物育種學。第十九章：誘致多元體與作物育種。第二十章：誘變育種。國立台灣大學農學院叢書第十號 pp.255～302。
3. 蔡新聲。1986。禾本科作物之花葯培養與品種改良。中華農學會報 134：1～ 23。
4. Bayliss, M.W. 1976. Variation of cell cycle duration within suspension cultures of *Daucus carota* and it's consequence for the induction of ploidy changes with colchicine. Protoplasma 88:279－ 285.
5. Blakeslee, A.F. and A.G. Avery. 1937. Methods of inducing doubling of chromosome in plants by treatment with colchicine. J. Hered. 28:393－411.
6. Braak, J.P. and A.E. Zeilinga. 1957. Production of a colchicine－induced tetraploid asparagus. Euphytica 6:201－212.
7. Broerties, C. 1974. Production of polyploids by the adventitious bud technique. IAEA.－PE－503／6. Polyploid and induced mutations in plant breeding. Vienna. 1974. pp. 29－34.
8. Chavade, J.S. and H. Becker. 1984. Influence of colchicine treatment on chromosome number and growth rate of tissue cultures of *Valeriana wallichii* DC. Plant Cell Tissue Organ Culture 3:265 － 272.
9. Collins, J.L. and K.R. Kerns. 1938. Mutations in the pineapple. J. Hered. 29:163－172.
10. Corriols－Thevenin, L. 1979. Different methods in asparagus breeding. In:Eucarpia, 5th Asparagus Symposium, under the Auspices of the Hassian Minister of Agriculture. pp. 8－20. Geisenheim Forschungsanstalt, Federal Republic of Germany.
11. Dore, C. 1974. Production de plantes homozygotes males et femelles a partir d'antheres d'anthge, cultivees *in vitro (Asparagus officinalis* L.). C.R. Acad. Sci. 278:2135－2138.
12. Dore, C. 1977. *In vitro* techniques as an efficient tool in asparagus breeding. Acta Horti. 78:89－93.

13. Dore, C. 1979. Anther culture as a way towards F_1 hybrids. In: Eucarpia, 5th Asparagus Symposium, under the Auspices of the Hassian Minister of Agriculture. pp. 87−90. Geisenheim fors−chungsanstalt, Federal Republic of Germany.

14. Espino, E.J. and A.M. Vaequez. 1981. Chromosome numbers of *Saintpaulia ionantha* plantlets regene rated from leaves cultured *in vitro* with caffeine and colchicine. Euphytica 30:847−853.

15. Goldy, R.G. and P.M. Lyrene. 1984. *In vitro* colchicine treatment of 4X blueberries, *Vaccinium* sp. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109: 336−338.

16. Haigh, J.C. 1960. All−male asparagus. New Scientist 7:389−391.

17. Haigh, J.C. 1963. The production of all male asparagus. In:13th Annual Report of the National Vegetable Research Station, Wellesbourne, Warwick, U. K. 1962. pp. 26−29.

18. Heinz, D.J. and G.W.P. Mee. 1970. Colchicine induced polyploids from cell suspension cultures of sugarcane. Crop Sci. 10:696− 699.

19. Hondelmann, W. and B. Wilberg. 1973. Breeding all−male varieties of asparagus by utilization of anther − and tissue−culture. S. Pflanzenzuctg. 69:19−24.

20. Hugskes, J.A. 1959. Breeding an all−male varieties of asparagus: Problem and possibilities. European Assoc. Res. Plant breeding Rpt. Cong. 2:188.

21. Hung, L. 1979. Feasibility of selected all−male seedling planting method of asparagus in Taiwan. J. Chinese Soc. Horti. Sci. 25: 155−163.

22. Jensen, C.J. 1974. Chromosome doubling techniques in haploids. In:Haploids in Higher Plants:Advances and Potentials. (ed. by K.J. Kasha) pp. 153−190. Univ. of Guelph, Guelph, Canada.

23. Karp, A., R. Risiorr, M.F.K. Jones and S.W.J. Brirht. 1984. Chromosome doubling in monohaploid and diploid potatoes by regeneration from cultured leaf explants. Plant Cell Tissue Organ Culture 3: 363−373.

24. Langton, F.A. and H. Ross. 1982. The effects of colchicine doubling of potato dihaploid x wild species on eelworm resistance and pollen "Stainability". Pototo Res. 25:257−263.

25. Malnassy, P. and J.E. Ellison. 1970. Asparagus tetraploids from callus tissue. Hortsci. 5:444−445.

26. Miller, J.C. 1954. Selection of desirable somatic mutations. A means of potato improvement. Am. Potato J. 31:358−359.

27. Narayanaswamy, S. 1977. Regeneration of plants from tissue culture. In:Applied and fundamental aspacts of plant cell, tissue and organ culture. (ed. by J. Reinert and Y.P.S. Bajaj) pp. 179−180. Spriger−Verlag, Berlin, Heidelberg.

28. Perry, J.L. and P.M. Lyrene. 1984. *In vitro* induction of tetraploidy in *Vaccinium darrowi, V. elliottii* and *V. darrowi* x *V. illiottii* with colchicine treatment. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109:4−6.

29. Ross, R.W., L.A. Dionne and R.W. Hougas. 1967. Doubling the chromosome number of selected *Solanum* genotype. European Potato J. 10:37−52.

30. Stecher, P.G. 1968. The Merck index. (An Encyclopedia of Chemical and Drugs) 8th edition, Merck Co. Inc. p. 278.

31. Tsay, H.S., P.C. Lai, L.J. Chen and N.C. Chi. 1981. The development of haploid plants of *Asparagus officinalis* L. through anther culture. In:Crop Improvement Research. (ed. by T.C. Yap, K.M. Grahan and J. Sukaimi) pp. 313−324. Proc. of the 4th Intl. SABRAO Congress, Kuala Lumpus, Malaysia.

32. Tsay, H.S., P.C. Lai and L.J. Chen. 1982. Breeding for all−male plants through tissue culture in asparagus. In:Plant Breeding. (ed. by S.C. Hsieh and D.J. Liu) pp. 201−208. Proc. of a Symp. on Plant Breeding. Agricultural Association of China.

33. Tsay, H.S. 1983. The breeding of all−male asparagus plants by means of tissue culture. Technical Bull. 72:1−15. Food and Feritlizer Technology Center, ASPEC. Taipei, Taiwan, ROC.

Breeding for All－Male Plants through Anther Culture in Asparagus II. Chromosome Doubling Techniques of Anther－Derived Haploid Plants[1]

J. Y. Hsu[2], P. C. Lai[3], C. C. Yeh[2] and H. S. Tsay[4]

Summary

The purpose of this experiment was to study various chromosome doubling techniques in order to obtain homozygous male and female asparagus plants from anther cultured haploids. Supermales have been successfully obtained through the following techniques:

1. Spontaneous doubling: Haploids were spontaneously doubled at a rate of 6.0 % through five times of subculturing the shoot tip meristem.

2. Colchicine treatment: Doubling ratio of 21.2－97.0% could be obtained from colchicine treatment on shoot tips of seedlings by means of lanolin method and spotting method *in vivo*. 1.2% colchicine－lanolin treatment for 6 times had the best doubling effect (97%) among all of treatments. *In vitro*, both colchicine containing medium method and colchicine solution soaking method resulted in better doubling rate than colchicine suspension method did. The best methods were 0.4% colchicine containing medium and／or soaking at 0.4% colchicine solution for 2 hr. However, the chromosome doubling effect was not stable. The incidence of polyploids, aneuploids, mixaploids and cytochimeras was low in all treatments.

3. Callus derived haploids: The shoot tip meristem of haploid was cultured in MS basal medium containing 2 mg／l 2,4－D to induce callus formation upon culturing in differentiate medium, the plantlets derived from the shoot tip－callus were homozygous diploids at a proportion of 7.7－50.0%. The doubling effect was more stable than that from colchicine treatment. Moreover, rooting was much easier for these diploid plantlets in tubes.

Key Words : Asparagus, Anther culture, All-male breeding, Chromosome doubling.

---

1. Contribution No. 1556 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported by a grant from Council of Agriculture, Republic of China.
2. 3.4 Research Assistants, former Agronomist (The President of Taida Orchid Nursery,Currently), and Senior Agronomist, respectively, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 413, ROC.

中 華 農 業 研 究

第四十卷　　第 一 期

中華民國八十年三月出版

發 行 人：杜 金 池

總 編 輯：廖 慶 樑

編審委員：

農藝組：盧 煌 勝（主審）
呂 秀 英　陳 一 心　劉 大 江　劉 新 裕
蔡 新 聲

園藝組：蕭 吉 雄（主審）
沈 再 發　林 昭 雄　施 昭 彰　徐 信 次
曹 幸 之　陳 敏 祥　劉 政 道

農化組：連　深（主審）
張 淑 賢　劉 慧 瑛

植病組：蔡 財 旺（主審）
林 正 忠　程 永 雄　彭 金 騰　蔡 武 雄
簡 錦 忠

昆蟲組：羅 幹 成（主審）
李 錫 山　何 琦 琛　鄭　允　鄭 清 煥

農機組：梁 連 勝（主審）
陳 加 忠　顏 欽 崇

另聘請農業評議委員或各大學院校有關學者專家擔任審查委員。

Vol. 40, No. 1

Mar. 1991

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER : Director, C. C. Tu

EDITOR IN CHIEF : C. L. Liaw

EDITORIAL BOARD :

S. Lian (Agri. Chemistry)

K. C. Lo (Applied Zoology)

H. S. Lu (Agronomy)

T. W. Tsay (Plant Pathology)

C. H. Shaw (Horticulture)

L. S. Liang (Agri. Machinery)

EDITORIAL ADVISORY BOARD :

S. S. Chang	M. S. Chen	Y. S. Chen	C. H. CHeng
Y. Cheng	Y. H. Cheng	C. C. Chen	C. C. Her
H. S. Lee	J. J. Lin	J. S. Lin	D. J. Liu
J. D. Liu	S. Y. Liu	H. I. Liu	H. S. Tsay
H. Y. Lu	J. T. Peng	T. F. Shen	J. J. Shy
S. T. Shyu	S. J. Tsao	W. H. Tsai	C. C. Yen

Reviewers of Related Fields are Invited from Universities, other Research Organizations, and the Evaluation Committee of Agricultural Researches, Taiwan Provincial Department of Agriculture and Forestry.

Vol. 40, No.1 Mar. 1991

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

CONTENTS

Yield and Yield Components of Anther—Derived Plants from Hybrid Progenies in Rice ··················T. H. Tseng, C. G. Chern, C. S. Huang and H. S. Tsay···1

Development of wasabi variety Tainung No.1 ···············M. F. Hu, S. M. Chiu, C. T. Lo, S. Y. Lin and C. C. Tu···13

Studies on the Adaptability of *Bupleurum falcatum* L. cv. Tainung No.1 and Its Officinal Value of Various Plant Parts ·····················S. Y. Liu, J. Y. Wang, J. C. Lee and T. Y. Lee···28

Studies on the picking maturity of "Tainung No.4" Pineapple for export ···C. C. Chang···37

A Method for Screening Resistance to Pythium Stalk Rot in Corn Cultivars············W. H. Tsai, C. H. Duan and C. C. Tu···45

Effects of different regimes of photoperiod on the emergence and oviposition of the rice moth (*Corcyra cephalonica* Stainton) ···J. Z. Yu and C. C. Chen···52

Disrtibution of Different Forms of Iron within Profiles from Alluvial Soils of Central—South Taiwan and Its Effect on Phosphate Sorption ·····································T. W. Tan···57

The Evaluation of the Performance on the Electronic Relative Humidity Sersor ······C. C. Chen, C. T. Tsao and C. C. Lai···71

The Improvement of the TARI Peanut Harvester ·······················L. S. Liang, J. R. Tasy, S. R. Yen and T. H. Chou···90

Breeding for All—Male Plants through Anther Culture in Asparagus I. The Anther Culture Efficiency among Different Varieties and Plants ············P. C. Lai, J. Y. Hsu, C. C. Yeh and H. S. Tsay···94

Breeding for All—Male Plants through Anther Culture in Asparagus II. Chromosome Doubling Techniques of Anther—Derived Haploid Plants ······J. Y. Hsu, P. C. Lai, C. C. Yeh and H. S. Tsay···102

Published by

THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

Taichung, Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版臺誌字一四八七號
中華郵政中臺字第〇三〇九號登記爲雜誌交寄